

HANS-WERNER FUCHS



Wertstrom-Methode:

Potentiale, Herausforderungen und Zielkonflikte unter speziellen
Rahmenbedingungen

eingereicht als

DIPLOMARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Wirtschaftswissenschaften
Ostermiething, 2009

Erstprüfer: Prof. Dr. Andreas Hollidt

Zweitprüfer: Prof. Dr. Johannes N. Stelling

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am: 20.11.2009

Hinweis:

Zur Wahrung der betrieblichen Interessen wurden die Zeiten und Stückzahlen der Wertstromanalyse mit Faktoren belegt, so dass die angegebenen Werte nur bedingt den tatsächlichen entsprechen.

Bibliographische Beschreibung:

Fuchs, Hans-Werner:

Wertstrommethode - Potential und Zielkonflikte unter speziellen Rahmenbedingungen. – 2009. 100 S., Ostermiething, Hochschule Mittweida, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Postgradualer Studiengang Wirtschaftsingenieur, Diplomarbeit, 2009.

Referat:

Ziel der Diplomarbeit ist es den praxistauglichen Einsatz der Wertstrommethode unter der Berücksichtigung von Interdependenzen der betrieblichen Philosophien und Strukturen transparent darzustellen. Es konnte gezeigt werden, dass durch die Anwendung der Methode der Anteil an betrieblicher Verschwendung gesenkt werden kann. Es ergeben sich signifikante Verbesserungspotentiale in Hinsicht auf Durchlaufzeiten, Lagerbestände etc., dem gegenüber stehen Herausforderungen an die Organisation und insbesondere an das Führungspersonal.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Diagrammverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	IV
Formelverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1) Einführung	1
1.1) Problemstellung/Zielsetzung.....	1
1.2) Methodisches Vorgehen	2
2) Grundlagen	4
2.1) Vorarbeiten	9
2.1.1) Wertstrom Manager	9
2.1.2) Vorbereitung - Kundenbedarfsanalyse	9
2.2) Wertstromanalyse.....	10
2.2.1) Wertstromaufnahme	12
2.1.2) Wertstromauswertung - Verbesserungspotentiale	19
2.2.3) Symbole der Wertstromdarstellung.....	21
2.3) Wertstromdesign	24
2.3.1) Vorgehen.....	25
2.3.2) Zielsetzung - Gestaltungsrichtlinien	34
2.4) Umsetzung	40
2.5) Wertstromcontrolling	41
2.6) Typische Verbesserungen	42
3) Praxisbeispiel: Medizintechnikunternehmen.....	45
3.1) Spezielle Aspekte.....	46
3.1.1) Teamstruktur.....	47
3.1.2) Produktionssystem.....	48
3.2) Wertstromanalyse.....	52
3.2.1) Auswahl der Produktfamilie bzw. des Produktes.....	52
3.2.2) Auswahl der zu betrachtenden Einzelteile.....	53
3.2.3) Festlegung des Kundentaktes	56
3.2.4) Wertstromaufnahme	58

3.2.5) Wertstromauswertung – Potentialanalyse	74
3.3) Wertstromdesign.....	86
Gesamt-Wertstrom	86
Montage-Wertstrom	87
Fertigungs-Wertstrom	90
3.4) Diskussion der Ergebnisse	93
Potentiale und Herausforderungen	93
Zielkongruenz und Zielkonflikte	96
4) Zusammenfassung.....	98
Literaturverzeichnis.....	IV
Erklärung zur selbstständigen Anfertigung	VI
 Anhang	 VII
Auswertung der ABC-Analyse.....	VIII
Tabellen zur Berechnung und Auswertung des Kundentaktes	X
Tabellen zur Berechnung der Überlappung	XI
Fragebogen Versand.....	XII
Fragebögen Montage	XIII
Fragebögen Fertigung	XVIII
Gesamtwertstrom (Prinzip).....	XXI
Ist-Montagewertstrom (Zusammenfassung)	XXII
Ist-Montagewertstrom (Detailliert).....	XXIII
Soll-Montagewertstrom (DESIGN)	XXIV
Fertigungswertstrom (Halsstück)	XXV
Fertigungswertstrom (Zahnrad)	XXVI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kontinuierliche Verbesserung durch die Wertstrommethode	5
Abbildung 2: Zentrale Produktionssteuerung	7
Abbildung 3: Kanban Produktionssteuerung	7
Abbildung 4: Ablaufdiagramm der Wertstrommethode	8
Abbildung 5: Schematische Darstellung des EPEI-Wertes	14
Abbildung 6: Einfache Wertstromdarstellung für Produktionsprozess und Materialfluss	16
Abbildung 7: Einfache Wertstromdarstellung	18
Abbildung 8: Taktabstimmungsdiagramm	20
Abbildung 9: Formen der Verschwendung	25
Abbildung 10: FIFO, überspringen von Prozessen	30
Abbildung 11: FIFO, alternative Prozesse	30
Abbildung 12: Funktionslogik der FIFO Verkoppelung	35
Abbildung 13: Supermarktsystem mit kontinuierlicher Entnahme	36
Abbildung 14: Supermarktsystem mit „Entnahme-“ und „Produktions-Kanban“	36
Abbildung 15: Prinzip der Engpasssteuerung	38
Abbildung 16: Prinzip der Engpasssteuerung mit Restriktionen	39
Abbildung 17: Länderbezogene Umsatzverteilung	45
Abbildung 18: Drei-Ebenen Modell	46
Abbildung 19: Grundprinzip der Teamorganisation	47
Abbildung 20: Verzahnung von Fertigung und Montage	48
Abbildung 21: Prozessdarstellung der Produktion	48
Abbildung 22: Prozessdarstellung der Produktion im Fertigungsrad	49
Abbildung 23: Prozessdarstellung der Produktion inkl. Fremdbearbeitung im Fertigungsrad	50
Abbildung 24: Prozessdarstellung der Montage in Tagesportion	51
Abbildung 25: Symbolische Darstellung eines Winkelstücks	52
Abbildung 26: Prozentuale Verteilung der Verbrauchswerte (gesamt)	54
Abbildung 27: Prozentuale Verteilung der Verbrauchswerte der Klasse A	55
Abbildung 28: Prozentuale Verteilung der Verbrauchswerte der Klasse B	55
Abbildung 29: Prozentuale Verteilung der Verbrauchswerte der Klasse C	55
Abbildung 30: Auswahl der Detail-Objekte	58
Abbildung 31 Prozessdarstellung Produktion	59
Abbildung 32: Prinzip-Darstellung des Gesamtwertstroms	60
Abbildung 33: Prozessdarstellung Versand	60
Abbildung 34: temporäres Kunden-Pufferlager	61
Abbildung 35: Transportlager	61
Abbildung 36: Darstellung des Wertstromes „Versand“	62
Abbildung 37: Prozessdarstellung Montage	63
Abbildung 38: Montagelinie	63
Abbildung 39: Aggregierten Wertstrom „Montage“	68
Abbildung 40: Wertstrom „Montage“ (Detailliert)	68
Abbildung 41: Materiallager	69
Abbildung 42: Arbeitsgänge „Halsstück“	70
Abbildung 43: CNC-Bearbeitungsmaschine	70
Abbildung 44: Wertstrom „Halsstück“	71
Abbildung 45: Arbeitsgänge „Zahnrad“	72
Abbildung 46: Wertstrom „Zahnrad“	73

Abbildung 47: Wertstromdesign (Gesamtwertstrom)	86
Abbildung 48: „Drei Taktsystem“	88
Abbildung 49: Wertstromskizze „Montage neu“	90

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: ABC-Analyse der Bauteile (gesamt)	53
Diagramm 2: Gegenüberstellung vom monatlichen Bedarf.....	56
Diagramm 3: Abweichung von Bedarf und Kundentakt.....	57
Diagramm 4: relativer Flussgrad der Teilprozesse (Montage)	77
Diagramm 5: Säulendarstellung der Montageteilprozesse.....	78
Diagramm 6: Verteilung der Bearbeitungszeiten im Montageprozess.....	78
Diagramm 7: Anteile an der Durchlaufzeit (Halsstück)	80
Diagramm 8: Überlappung der Arbeitsgänge	81
Diagramm 9: Verhältnis von Rüst- zu Bearbeitungszeit (Halsstück)	81
Diagramm 10: Taktbestimmung Fertigung (Halsstück)	82
Diagramm 11: Anteile an der Durchlaufzeit (Zahnrad)	83
Diagramm 12: Verhältnis von Rüst- zu Bearbeitungszeit (Zahnrad)	84
Diagramm 13: Taktbestimmung Fertigung (Zahnrad).....	85
Diagramm 14: Taktabstimmung „Wertstromdesign-Montage“	87
Diagramm 15: Flussgrad als Funktion der Reichweite	88

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Symbole der Wertstromdarstellung	23
Tabelle 2: Unterteilung der Wertstromanalyse	52
Tabelle 3: Auswahl der Objekte	54
Tabelle 4: Leistungsgrade des Gesamtprozesses	74
Tabelle 5: Lagerbestände, Reichweiten von Montage-Komponenten.....	75
Tabelle 6: Lagerbestände, Reichweiten ausgewählter „Einzelteile“	76
Tabelle 7: Festlegungen für Wertstromdesign.....	79
Tabelle 8: Taktabstimmung „Montage“	87
Tabelle 9: Potentiale und Herausforderungen der Wertstrommethode	95
Tabelle 10: Zielübereinstimmung und Zielkonflikte.....	97

Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung des Kundentaktes	10
Formel 2: Berechnung der Zykluszeit	14
Formel 3: Berechnung der Zykluszeit	14
Formel 4: Berechnung des EPEI-Wertes ohne Berücksichtigung der technischen Verfügbarkeit. ...	15

Formel 5: Berechnung des EPEI-Wertes mit Berücksichtigung der technischen Verfügbarkeit.....	15
Formel 6: Berechnung der Reichweite.....	16
Formel 7: Berechnung der Warteschlange	17
Formel 8: Berechnung des Flussgrades.....	19
Formel 9: Berechnung der Produktionsdurchlaufzeit.....	19
Formel 10: Berechnung des Bruttoauslastungsgrades	20
Formel 11: Berechnung der min. Bestandsobergrenze	29
Formel 12: Berechnung des max. Supermarktbestandes	31
Formel 13: Berechnung des Umlaufbestandes	31
Formel 14: Berechnung des Pitch-Intervalls	33
Formel 15: alternative Berechnung des Pitch-Intervalls.....	37
Formel 16: Berechnung des Kundentaktes	56
Formel 17: Netto-Auslastungsgrad „Montageprozess“	76
Formel 18: Brutto-Auslastungsgrad „Montageprozess“	76
Formel 19: Flussgrad der Endprüfung (Teilprozess).....	77
Formel 20: hypothetischer Flussgrad der Endprüfung.....	77
Formel 21: Flussgrad Montageprozess	77
Formel 22: Netto-Auslastungsgrad Fertigung (Halsstück)	82
Formel 23: Brutto-Auslastungsgrad Fertigung (Halsstück)	82
Formel 24: Flussgrad Fertigung (Halsstück)	82
Formel 25: Netto-Auslastungsgrad Fertigung (Zahnrad)	84
Formel 26: Brutto-Auslastungsgrad Fertigung (Halsstück)	84
Formel 27: Flussgrad Fertigung (Zahnrad)	85
Formel 28: Berechnung des Montage-Flussgrades.....	88
Formel 29: Flussgrad als Funktion der Reichweite.....	88

Abkürzungsverzeichnis

allg.	allgemein
AG	Aktien Gesellschaft
AG	Arbeitsgang
Ausg.	Ausgabe
Ausgel.	Ausgelagert
AZ	Arbeitszeit
Best.	Bestand
bspw.	Beispielsweise
BZ	Bearbeitungszeit
bzw.	beziehungsweise
CNC	Computer numerical controlled (Computer gesteuerte Werkzeugmaschine)
ConWIP	Constant Working in Process
DLZ	Durchlaufzeit
DMR	Device Master Rekord
etc.	et cetera (und die Übrigen)
EDV	Elektronische Daten Verarbeitung
EPEI	Every Part-Every Intervall
ERP	Enterprise Resource Planning

Fg	Flußgrad
ff.	folgende Seiten
FIFO	First In - First Out
GA	Gebrauchsanweisung
ggf.	gegebenenfalls
i.A.	im Allgemeinen
i.d.R.	in der Regel
ILV	Interne Leistungs-Verrechnung
inkl.	inklusive
IT	Informationstechnologie
JIS	Just in Sequence
JIT	Just in Time
KAM	Key Account Management
kpl.	Komplett
lat.	lateinisch
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MPG	Medizin Produkte Gesetz
NSV	Nahtstellen Vereinbarung
o.a.	oben angeführt
OBE	Oberflächenbehandlung
OEM	Original Equipment Manufacturer
PDM	Produkt und Dokumenten Management
Prod.	Produktion
PZ	Prozesszeit
RW	Reichweite (Lagerbestand)
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
RZ	Rüstzeit
Stk.	Stück
TP	Tagesportion
TPS	Toyota Produktionssystem
ugs.	umgangssprachlich
uvm.	und vieles mehr
vgl.	vergleiche
vs.	lat. Versus (gegen)
WAN	Warenannahme
WBH	Wärmebehandlung
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZZ	Zykluszeit

1) Einführung

In meiner Diplomarbeit möchte ich das Potential und die möglichen Zielkonflikte der Wertstrommethode unter den speziellen Rahmenbedingungen, welche im betrachteten Unternehmen gegeben sind, untersuchen. Die Arbeit soll dem Management als Entscheidungsgrundlage für einen möglichen Einsatz bzw. für die unternehmensweite Einführung der Wertstrommethode dienen.

Ursächlich soll hierzu untersucht werden, ob und unter welchen Bedingungen bzw. Voraussetzungen die Methode geeignet ist, um in die Unternehmensorganisation integriert zu werden.

Die Ideologie des Unternehmens ist in den Leitsätzen verankert, so sieht der allg. Leitsatz des Unternehmens in seinem Prinzip die langfristige Erhaltung des Unternehmens und des Standortes vor. Auf dieses Ziel hin sollten alle Bestrebungen primär ausgerichtet sein.

Das betrachtete Unternehmen vollzog in den letzten Jahren einen sehr erfolgreichen Veränderungsprozess, so wurde die stark funktional ausgerichtete Struktur in eine Teamorganisation umgebaut, welche sich insbesondere im Montagebereich konsequent am tatsächlichen Kundenbedarf ausrichtet. Herzstück und Rückgrat der Organisation ist ein Produktionsprozess, bei dem in *einem* Arbeitstag der tatsächliche Kundenbedarf montiert wird.

An Hand eines Praxis-Pilotbeispiels sollen Erfahrungen unter der Darstellung der Ist-Situation (Wertstromanalyse) gesammelt und mögliche Verbesserungsvorschläge erarbeitet werden (Wertstromdesign). Abgeleitet von den Ergebnissen und den Erfahrungen der Wertstromaufnahme sollen die notwendigen Voraussetzungen und die wesentlichen Vorteile aufgezeigt werden. Darzustellen sind aber auch jene Aspekte, welche in Konflikt mit dem derzeitigen Produktions- und Organisationssystem stehen.

Die Wertstrommethode soll im Unternehmen vorrangig zur wesentlichen Verbesserung und Stabilisierung der operativen Prozesse dienen und die Rahmenbedingungen und Möglichkeiten zur weitgehenden Vermeidung von Verschwendung aufzeigen. Es sollte möglich sein die Produktqualität zu erhöhen und im Gegenzug die Kosten senken zu können um somit zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit beizutragen, insbesondere in der derzeitigen, allgemein wirtschaftlichen angespannten Situation.

1.1) Problemstellung/Zielsetzung

Es soll beleuchtet werden, welches Potential bzw. welche Konflikte durch die Anwendung der Wertstrommethode bei gegebenen Restriktionen bestehen. Die Restriktionen sind im Wesentlichen durch die innerbetrieblichen Gegebenheiten und der Unternehmensphilosophie vorgegeben bzw. lassen sich von diesen ableiten.

Die Arbeit sollte zum einen die grundlegenden, theoretischen und praktischen Hintergründe der Wertstrommethode in anschaulicher Form darstellen, und zum anderen die wesentlichen Elemente der Methode, unabhängig vom betrachteten Unternehmen, vorstellen bzw. beschreiben. Wichtig sind hierbei nicht nur die Betrachtung der einzelnen Methodenelemente, sondern auch die notwendigen Voraussetzungen für die erfolgreiche Anwendung der Wertstrommethode. Zudem sollen anhand von Beispielen typische Verbesserungen aufgezeigt wer-

den, sodass eine gesamtheitliche theoretische Betrachtung bzw. Bearbeitung des Themas gegeben ist.

Näher untersucht werden soll, ob es mit der Wertstrommethode möglich ist auf einfache und verständliche Art und Weise den Fluss von Informationen und Materialien abzubilden und optimierte Szenarien zu entwickeln um den Verschwendungsanteil im Unternehmen nachhaltig senken zu können.

Anhand des bereits erwähnten Praxisbeispiels soll die Wertstrommethode exemplarisch durchgeführt bzw. angewandt werden. Hierzu ist ein Wertstrom eines medizintechnischen Instruments (Winkelstück) aus dem Bereich >>Restauration und Prothetik<< vorgesehen. Unter der Anwendung der Methode sollen zum einen konkrete Verbesserungen im Wertstrom aufgezeigt werden (z.B.: Verkürzung der DLZ, Reduktion der Lagerbestände, Steigerung der Qualität etc.) und zum anderen, sowohl Berührungspunkte als auch jene Aspekte, welche konträr zum bestehenden Produktionssystem stehen, ausgearbeitet werden. Zur Auswertung der Ergebnisse sollte das Hauptaugenmerk auf den Montagebereich gerichtet sein, sekundär sollte der Fertigungsbereich und tertiär der Versandbereich betrachtet werden.

In weiterer Hinsicht sollen die wesentlichen, prinzipiellen Voraussetzungen zur Installation bzw. Einführung der Methode aufgezeigt werden, weiters ob diese in Einklang mit der Philosophie des Unternehmens stehen und welche Unterstützung die Methode von Managementseite benötigt. Im Besonderen sollen auch die grundlegenden Anforderungen an das Führungsverhalten abgeleitet werden. Weiters soll präsentiert werden, wie die Verantwortlichkeiten des Veränderungsprozesses zur Einführung der Methode i.d.R. gehandhabt wird und welche Voraussetzungen hierzu notwendig sind.

Im vergangen Jahrzehnt wurde eine Menge an Ressourcen in die Kundenauftragsbezogene Produktion mit Teamstruktur und fixen Durchlaufzeiten investiert. Es soll beleuchtet werden, wie sich die grundsätzlichen Auswirkungen der konsequenten Anwendung der Wertstrommethode auf diese integralen Bestandteile der Unternehmensorganisation auswirken. Des Weiteren sind die Anforderungen bzw. Auswirkungen und Veränderungen, welche durch die Anwendung der Methode an die gegebene Führungs- und Teamstruktur bzw. Kultur entstehen, zu untersuchen um so die prinzipiellen zukünftigen Herausforderungen ableiten zu können.

Das primäre Ziel ist die elementare Gegenüberstellung, sowohl von Potentialen und Herausforderungen der Methode, als auch der Gegenüberstellung von Zielkonformitäten und Zielkonflikten der Methode in Hinsicht auf die Unternehmens- bzw. Produktionsgrundsätze.

1.2) Methodisches Vorgehen

In meiner Diplomarbeit möchte ich nach einer kurzen Einführung, welche einerseits die Problemstellung und die Zielsetzung, andererseits auch das methodische Vorgehen umfasst, nachfolgend auf die Grundlagen der Wertstrommethode eingehen.

Die Grundlagen beschäftigen sich einleitend mit den Hintergründen der Wertstrommethode bevor die eigentlichen Vorarbeiten für die Anwendung der Methode in kurzer Form vorgestellt werden. Nachfolgend werden die Grundlagen der Wertstromanalyse mit den Hauptelementen Wertstromaufnahme, Wertstromauswertung und den Symbolen der Wertstromdarstellung

präsentiert. In weiterer Folge werden sowohl die Grundelemente als auch das Vorgehen und die Zielsetzung bzw. die Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesigns vorgestellt. Die Vorgehensweise des Designs umfasst dabei die grundlegenden Elemente Produktionsstrukturierung, Kapazitätsdimensionierung, Produktionssteuerung und Produktionsplanung.

Weiters werden die Punkte Umsetzung und Wertstromcontrolling in kurzer Form in den Grundlagen behandelt. Zum Abschluss des Kapitels werden die typischen Verbesserungen durch den konsequenten Einsatz der Methode vorgestellt, sodass das gesamte Grundlagenkapitel ein umfassendes Gesamtbild der Wertstrommethode vermittelt.

Weiterführend und aufbauend auf den Grundlagen wird die Wertstrommethode anhand eines Praxisbeispiels vorgestellt. Für eine gesamtheitliche Betrachtung des Wertstromes sollte die gesamte Wertekette der betrieblichen Leistungserstellung (vom Rohstoffherzeuger bis hin zum Endkunden) betrachtet werden, diese von enorm hohem Komplexitätsgrad geprägte Aufgabenstellung würde den ohnedies weitgespannten Rahmen der Arbeit sprengen. Untersucht wird daher „lediglich“ der innerbetriebliche Wertefluss (Material und Information), ausgehend vom Wareneingang (Versand) des Fertigproduktes bis zum Wareneingang der Rohmaterialien und Zulieferteile. Durch die tägliche Detailanpassung bzw. der Verschiebung der personellen Kapazität gestaltet sich die Ermittlung der zu den Teilprozessen zugeordneten Ressourcen als relativ schwierig, insbesondere im Montagebereich. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht unnötig zu überlasten wird sowohl die Kapazität mit prinzipiell *einer* Person als auch die Anzahl der Ressourcen mit dem Wert *eins* festgelegt.

Die speziellen Aspekte geben die Rahmenbedingung für den Einsatz der Methode wieder. Als wesentliche Kriterien gelten hierbei die im Unternehmen gelebte Teamstruktur und das installierte Produktionssystem. Dieses, bzw. die essenziellen Elemente des Produktionssystems, möchte ich in kurzer Form in den nachfolgenden Unterpunkten darstellen.

Die Analyse des Wertstroms als nächster Gliederungspunkt beinhaltet, sowohl die Auswahl des zu untersuchenden Produkts bzw. der Produktfamilie und der Auswahl der Einzelteile, als auch die Festlegung des Kundentaktes, der Wertstromaufnahme und der Potentialanalyse. Der Auswahl der Einzelteile kommt eine besondere Problematik zu. Da die Betrachtung aller Teile welche im Instrument verbaut sind schlichtweg unmöglich erscheint, wird mittels der ABC-Analyse die Auswahl der in Betracht gezogenen Teile eingeschränkt. Die Festlegung des Kundentaktes soll genauer untersucht werden, da dies ein wesentliches Element der Wertstrommethode darstellt. Die Wertstromaufnahme selbst bildet das Gesamtsystem und die Teilsysteme Versand, Montage und Fertigung ab. Die nachfolgende Potentialanalyse untersucht die im Vorfeld aufgenommenen Wertströme auf ihre Leistungsfähigkeit.

Das darauf folgende Wertstromdesign versucht die festgestellten Potentiale anhand der Wertstromskizze in optimierter Art und Weise abzubilden, sodass eine rel. einfache und rasche Umsetzung möglich sein sollte.

Der Punkt „Diskussion der Ergebnisse“ stellt die wesentlichen Erkenntnisse und Aspekte, welche durch die exemplarische Anwendung der Methode gewonnen wurden, dar. Die Gegenüberstellung zu den firmeninternen Gesichtspunkten und den in der Literatur geforderten Betrachtungsweisen wird nachfolgend, sowohl im Diskussionspunkt Potentiale und Herausforderungen, als auch im Punkt Zielkongruenz und Zielkonflikte, behandelt.

Zum Abschluss möchte ich Resümee über die Diplomarbeit im Unterpunkt „Zusammenfassung“ ziehen und die prinzipiellen Voraussetzungen und Konsequenzen zur Einführung der Wertstrommethode daraus ableiten.

2) Grundlagen

Die Zeit der anbieterorientierten Massenproduktion gehört seit geraumer Zeit der Vergangenheit an. Steigende Flexibilität, Variabilität und Individualität stellen die zentrale Herausforderung der Zukunft dar, wobei die zunehmenden Varianten und die Produktvielfalt bei wesentlich verkürzten Liefer- und Entwicklungszeiten an die Unternehmen eine beinahe unüberwindbare Hürde darstellt. Sowohl durch die steigenden Anforderungen an Qualität, gesetzlichen Restriktionen, Umweltauflagen uvm., als auch durch den internationalen Wettbewerb und den dadurch intensivierten Kostendruck wird diese Hürde zusehends verstärkt.¹

Eine Möglichkeit diesen Herausforderungen entgegen zu treten ist die Einführung „schlanker Systeme“ wie dem Lean Management. Lean Management zeichnet sich durch die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette aus und stellt ein Führungs- und Organisationskonzept dar, das jegliche Form von Verschwendung, Fehler und unnötigen Kosten zu vermeiden versucht, bei gleichzeitigem Streben nach bestmöglicher Qualität.

Der Begriff „Lean“ gründet auf einer Studie des MIT in den 1980er-Jahren, in welcher die Produktionsorganisationen amerikanischer und japanischer Automobilhersteller analysiert und gegenübergestellt wurde. Die Wissenschaftler James P. Womack, Daniel T. Jones und Daniel Roos entwickelten dabei ein Management-System, das im Kern der Verschlinkung der Unternehmensorganisation und der Ausrichtung auf Kundenbedürfnisse entspricht². Die Ausrichtung an die jeweiligen Bedürfnisse der Kunden gilt als wesentliches Kriterium in Hinsicht auf den langfristigen Erfolg eines Unternehmens. Die Zufriedenheit des Kunden zu erhöhen und die Kundenloyalität zu fördern werden hierbei angestrebt.³ Lean-Management entspricht wesentlich mehr als ein Managementsystem. Der Begriff beinhaltet und setzt eine entsprechende Unternehmensphilosophie voraus und baut auf das Zusammenspiel bestimmter Prinzipien auf.

Nach Prof. Günter Schuh, Mitarbeiter des Werkzeugmaschinenlabors (WZL) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen: „Gerade in Zeiten der Rezession können Lean-Strategien entscheidend sein, ob ein Unternehmen die Krise unbeschadet überstehen kann oder nicht“.⁴

Auch Christian Greiser, Geschäftsführer der Boston Consulting Group (BCG) sieht in der Vermeidung von Verschwendung, kontinuierlichen Verbesserung und minimalen Materialvorräten eine Gelegenheit die es Unternehmen möglich macht ihre Fertigung flexibel auf weltweit schwierige Märkte einzustellen, um die derzeit globale Absatzkrise bestmöglich durchzustehen.⁵

Die neue Generation von Entscheidern betrachten i.d.R. zuerst den Wertstrom und nachrangig die Logistik, sodass bspw. der Umstieg von einer Variante auf eine andere keine Grundsatzfrage mehr darstellt sondern nur noch eine Frage von Umrüstvorgängen ist, sodass variable Lösungen sich dem Marktanforderungen anpassen können. In dem Forschungsprojekt „Integrative Produktionstechniken für Hochlohnländer“ des Exzellenzclusters der RWTH Aachen, welches 2007 gestartet wurde, wird die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Produktionstechniken vorerst untersucht, nachfolgend wird versucht die nächst höhere Stufe der Interaktivität der Produktionstechnik zu erreichen. Hierzu spielt das Design des Wertstroms eine entscheidende Rolle.⁶

¹ Vgl. (Rothböck & Weichselbaum, 2007, S. 167); Vgl. auch (Frigo-Mosca, 1998, S. 4 ff.).

² Vgl. (Brunner, 2008, S. 57 ff.), vgl. auch (Wildemann, 2005, S. 157 ff.).

³ Vgl. (Meister & Meister, 2002, S. 12 ff.).

⁴ (Schuh, 2005, S. 12).

⁵ Vgl. (Kippels, 2009).

⁶ Vgl. (Fili, 2007, S. 38).

Der Begriff Wertstrom unterteilt sich in die Elemente Wert und Strom. Der „Wert“ bezieht sich auf die Wertschöpfung des Produktionsprozesses, die hauptsächlich durch die Transformation von Rohmaterialien zu Fertigprodukten entsteht. Der „Strom“ bezieht sich auf die räumliche Bewegung und quantitative Veränderung von Produkten bzw. Zwischenprodukten durch die Verwendung von maschinellen Anlagen, sowie der arbeitsteiligen Spezialisierung.⁷

Mit der Wertstrommethode als systematisch angewandtes Werkzeug der Lean-Philosophie kann in relativ einfacher Art und Weise der Material- und Informationsfluss abgebildet werden und somit zur Optimierung der gesamten Supply Chain beitragen. Diese ausgedehnte Sichtweise, welche sich über das eigene Unternehmen vom Rohstofflieferanten bzw. -hersteller bis zum Endkunden erstreckt, betrachtet den gesamten firmenübergreifenden Prozess und ist durch einen hohen Komplexitätsgrad geprägt. Die für den Beginn der Einführung der Wertstrommethode zu bevorzugende Sichtweise setzt die Betrachtungsgrenzen an die „Werkstore“, so dass die Bearbeitung des Wertstroms des eigenen Unternehmens in den Vordergrund tritt. Diese eingeschränkte „von Rampe zu Rampe“ Sichtweise fördert die Übersichtlichkeit und, insbesondere in der Einführungsphase, die Akzeptanz der Beteiligten⁸.

Ziel der Wertstrommethode ist die Vermeidung und Beseitigung von „Verschwendung“ (jpn. *muda*), wobei alle nicht direkt wertgenerierenden Tätigkeiten als Verschwendung angesehen werden und somit zu vermeiden sind. Hierzu ist die kontinuierliche Verbesserung des Produktionsprozesses das wesentliche Merkmal, welche stets aus Kundensicht betrachtet wird.

Nach Gutenberg liegt die Herausforderung der Optimierung der Produktionsablaufplanung im Dilemma der Ablaufplanung. Die Verbesserung eines Zielerreichungsgrades führt oft zur Verschlechterung von anderen Dimensionen, dies entspricht dem Zielkonflikt bzw. einer suboptimalen Lösung, welche nicht zwangsweise zur Optimierung des Gesamtsystems führt.⁹ Die Sichtweise Gutenbergs wird bei der Wertstrommethode um die der Variabilität erweitert. Die vier, zum Teil konträr zueinander stehenden Zieldimensionen: Variabilität, Qualität, Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit, gilt es zu standardisieren und nachfolgend zu optimieren, hierdurch wird die Vermeidung von Verschwendung und die kontinuierliche Verbesserung des gesamten Wertstromes möglich. Diese Verbesserung bedarf der erneuten Standardisierung, sodass diese wiederum als Ausgangsbasis für einen erneuten (kontinuierlichen) Verbesserungszyklus zur Verfügung steht.¹⁰



Abbildung 1: Kontinuierliche Verbesserung durch die Wertstrommethode¹¹

⁷ Vgl. (Erlach, 2007, S. 9).

⁸ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 12).

⁹ Vgl. (Erlach, 2007, S. 17).

¹⁰ Vgl. (Erlach, 2007, S. 11 ff.).

¹¹ Eigene Darstellung.

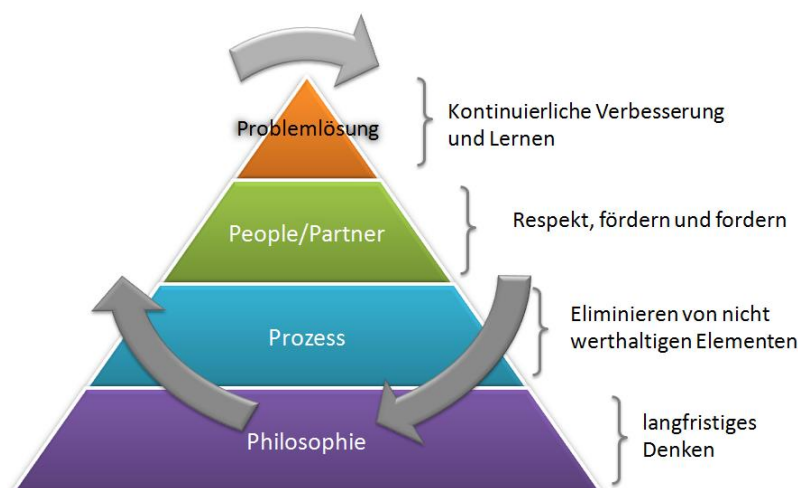
Die Wiege der Wertstrommethode, welche im Wesentlichen die Wertstromanalyse (Ist-Darstellung) und das Wertstromdesign (Soll-Darstellung) umfasst, liegt im weltweit erfolgreich eingesetzten Toyota Produktionssystem (TPS). Toyota wies ursprünglich diese Methode selbst nicht explizit aus, sondern wandte die Methodik im Rahmen seiner kontinuierlichen Verbesserungsbemühungen an.¹² Die Methode kann als Teil des 4P Modells des Toyota-Weges angesehen bzw. eingeordnet werden. Dieses Modell beinhaltet die Sichtweisen Philosophie, Prozess, People/Partner und Problemlösung.

Die *Philosophie* als Fundament gründet auf langfristiges Denken bzw. langfristige Managemententscheidungen und gilt als primäres Unternehmensziel. Die Herausforderung ist die Generierung von Werten für die Kunden, die Gesellschaft, den Standort bzw. Standortgemeinde und den Mitarbeitern, selbst wenn dies auf Kosten kurzfristiger Gewinnziele geht.

Die *Prozessebene* beschäftigt sich mit der Elimination von nicht werthaltigen Bestandteilen im Firmengeschehen (Wertstrommethode), so dass fließende Prozesse entstehen und etwaige Probleme signifikant werden. Hierzu sind Überproduktionen zu vermeiden, für eine gleichmäßige Produktionsauslastung zu sorgen, Qualitätsprobleme unverzüglich zu lösen, Arbeitsschritte zu standardisieren und kontinuierlich zu verbessern. Probleme müssen sofort sichtbar werden und unverzüglich behoben werden. Um dies bewerkstelligen zu können sind einfache, zuverlässige und gründlich getestete Technologien einzusetzen.

People und Partner ist die Fortführung der Unternehmensphilosophie an Mitarbeiter und Lieferanten und ist im Wesentlichen von Respekt und Teamwork geprägt. Führungskräfte sollten aus den eigenen Reihen entwickelt werden, welche die Philosophie des Unternehmens repräsentieren. Zulieferer sollten den nötigen Respekt und Unterstützung erhalten, aber auch entsprechend gefordert werden. Die Mitarbeiter sind das „eigentliche Kapital“ des Unternehmens und sollten daher entsprechend respektiert, gefördert und entwickelt werden.

Die vierte Ebene beschäftigt sich mit der *Problemlösung* der kontinuierlichen Verbesserung und der Lernprozesse des Unternehmens. Entscheidungen werden nicht überhastet sondern bedacht und durch Konsenszielung nach gründlicher Abwägung aller Optionen getroffen und rasch umgesetzt.



Hierzu hat sich der „Entscheider“ oder das entsprechende Gremium selbst vor Ort ein Bild der Situation zu machen. Das kontinuierliche Lernen der Unternehmung durch die ständige Verbesserung ist primäres Ziel dieser Ebene (jpn. *kaizen*).¹³

Abbildung 2: 4P Model des Toyota-Weges¹⁴

¹² Vgl. (Linker & Meier, 2009, S. 70); vgl. auch (Rother & Shook, 2006, S. 1).

¹³ Vgl. (Linker & Meier, 2009, S. 31 ff.).

¹⁴ Eigene Darstellung, in leichter Anlehnung an (Linker & Meier, 2009, S. 59).

In dem klassischen System der Produktionssteuerung wird versucht die Optimierung des Betriebsgeschehens durch ein zentralorganisiertes Steuerungssystem zu erreichen, wobei die Produktionsabläufe weitgehend unberücksichtigt bleiben. In einem schlanken System, wie beispielsweise dem KANBAN-System, gehören der flexible Einsatz von Personal- und Betriebsmittel, selbststeuernde Regelkreise zwischen verbrauchenden und erzeugenden Stellen, sowie die Übertragung kurzfristiger Steuerungsfunktionen an die Mitarbeiter zu den essentiellen Elementen. Im Vergleich zur traditionellen Werkstattfertigung, die durch deterministische Termin- und Mengenvorgaben geprägt ist, unterliegen die KANBAN-Prinzipien dem aktuellen Bedarf bzw. den aktuellen Beständen. Um diese bedarfsgerechte Fertigung gewährleisten zu können ist die Einhaltung einiger organisatorischer Regeln sicherzustellen.¹⁵

Wichtig bei der Anwendung dieses Systems ist die Harmonisierung des Produktionsprogramms. Dies wird i.d.R. durch die Standardisierung von Teilen, Bildung von Teilegruppen etc. erreicht, so dass sich ein weitgehend gleicher Bedarf an Teilen ergibt. Mit Hilfe einer geeigneten, dem Fließprinzip angepassten Werkstattorganisation, kann die Betriebsmittelauslastung weiter verbessert und ausgeglichen werden, so dass bspw. Pufferlager weitgehend minimiert bzw. vermieden werden können.

Die Verfügbarkeit trotz geringer Umlaufbestände setzt hohe Ansprüche an die Flexibilität und Qualität der Produktion. Bei minimierten Rüstzeiten und hohen Maschinen-Verfügbarkeiten z.B.: durch vorausseilende Wartung, ist die Versorgung mit Teilen in entsprechender Qualität zu gewährleisten. Die Senkung der Ausschussraten kann bspw. durch automatisierte Einrichtungen, Prozesskontrolle oder durch Selbstkontrolle der Mitarbeiter erfolgen. Die Selbstkontrolle bindet jeden Mitarbeiter in den Qualitätssicherungsprozess mit ein, in dem er eigenverantwortlich seine Arbeit entsprechend überprüft, eine allg. hohe Motivation und Qualifikation der Mitarbeiter ist hierzu von herausragender Bedeutung.¹⁶

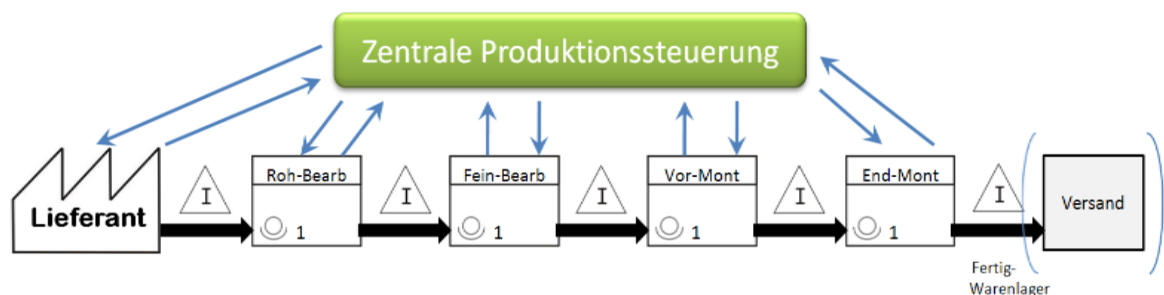


Abbildung 2: Zentrale Produktionssteuerung¹⁷

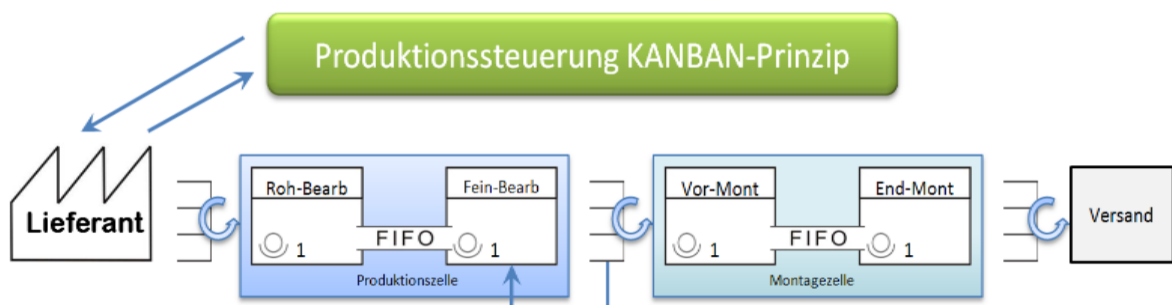


Abbildung 3: Kanban Produktionssteuerung¹⁸

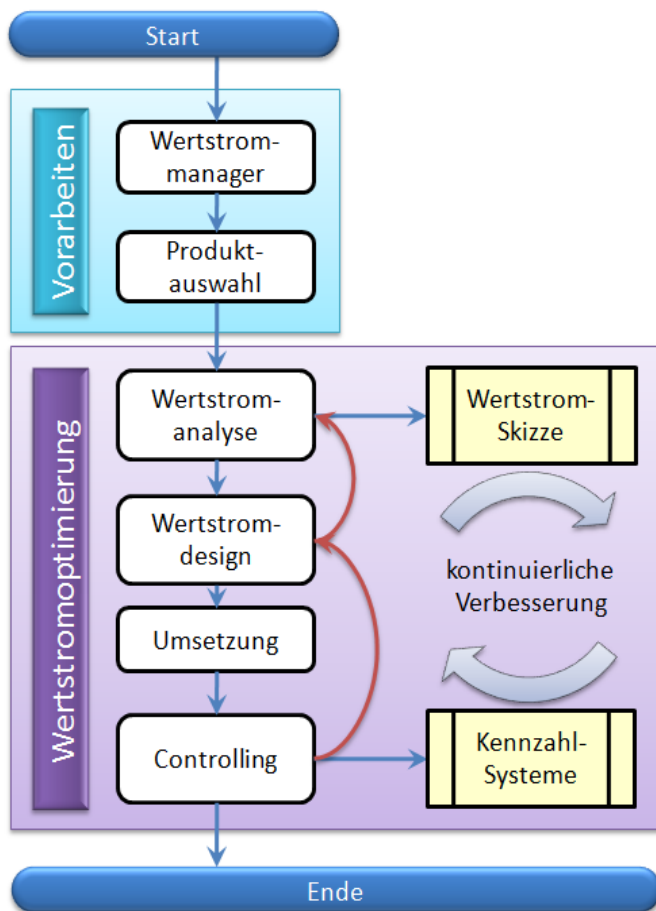
¹⁵ Weitere Informationen zu Kanban (Klevers, 2007, S. 187 ff.)

¹⁶ Vgl. (Schulte, 2005, S. 423-427).

¹⁷ Eigene Darstellung.

Wie in der Gegenüberstellung der beiden Prinzipien zu erkennen ist, zeigt das schlanke System (Kanban-Prinzip) eine deutliche Vereinfachung der Systemsteuerung. Durch diese Vereinfachung bzw. durch die zum Teil enorme Senkung des Komplexitätsgrades der Produktionssteuerung wird es möglich, einfach und schnell auf geänderte Situationen zu reagieren.

Durch die konsequente Einführung von Kanban-Lagern und einem optimierten Materialfluss konnte bspw. der Radialkolbenpumpenhersteller Moog GmbH die Lieferzeit im Werk Nürnberg auf vier Wochen reduziert werden, wobei der Mitbewerber innerhalb 20 Wochen liefert. Angestrebtes Ziel der Optimierung ist die Lieferung innerhalb von zwei Tagen für das Standardsortiment (120 Artikel mit einer Stückzahl von 500 bis 600 Stk./Monat).¹⁹



Methodisch strukturell gliedert sich die Wertstrommethode in Vorarbeiten und der Optimierung des Wertstromes. Die Vorarbeiten beinhalten die Bestimmung des Wertstrommanagers und die Festlegung der Produktauswahl. Die Optimierung beginnt mit der Erfassung der Ist-Situation, welche dem Design des gesamten Wertstroms weiterführt. Mit der Umsetzung und dem nachfolgenden Controlling endet die Optimierungsphase. Durch die Verschleifung von Analyse, Design und Controlling bildet sich ein Managementkreis, welcher die kontinuierliche Verbesserung des Gesamtsystems bzw. des Prozesses ermöglicht. Die wesentlichen Merkmale der Wertstrommethode werden in den nachfolgenden Punkten dargestellt und näher erläutert.

Abbildung 4: Ablaufdiagramm der Wertstrommethode²⁰

¹⁸ Eigene Darstellung.

¹⁹ Vgl. (Güney D., 2006, S. 46-48)

²⁰ Eigene Darstellung.

2.1) Vorarbeiten

Wie für jede zu erledigenden Aufgabe ist auch für die Wertstrommethode eine entsprechende Vorbereitung notwendig und wichtig. Um einen wertschöpfenden Fluss gestalten zu können ist eine „Vision“ Voraussetzung.

In der betrachteten Literatur gestaltet sich Vorrangig die Bestimmung eines Wertstrommanagers, der die Leitung und Verantwortung des gesamten Projektes übernimmt. Dieser kann mit Hilfe der Wertstrommethode den Fluss erkennen und sich zumindest an das verschwundensfreie Ideal annähern. Nachfolgend erscheint es sinnvoll, Produktfamilien zu bilden und sich auf eine repräsentative Familie zu konzentrieren.

2.1.1) Wertstrom Manager

Unternehmen sind meist nach Funktionen und Abteilungen gegliedert, deshalb hat kaum jemand einen Überblick über den gesamten Wertstrom. Um dieses Manko zu beheben sollte eine Person mit den erforderlichen Befugnissen und der Unterstützung durch das Top-Management zum „Wertstrom-Manager“ bestimmt werden. Dieser Wertstrom-Manager sollte in seiner Persönlichkeit ergebnisorientierter Natur sein und nach Möglichkeit keiner Stabsfunktion, sondern der Praxis entstammen und die Fähigkeit besitzen sich über Funktions- und Abteilungsgrenzen hinweg durchzusetzen. Die wesentlichen zu erfüllenden Aufgaben sind die Analyse des Ist-Zustandes, die Ausarbeitung des Soll-Zustandes, die Erstellung eines Umsetzungsplanes, dessen Umsetzung und die Überwachung sämtlicher Aspekte. Persönlich sind alle wertstromdurchflossenen Bereiche in definierten Zeitabständen (täglich od. wöchentlich) zu prüfen bzw. zu begehen. Als zentrale Aufgabe zeigt sich die Überwachung der Einhaltung des Umsetzungsplans, der Soll-Zustand wird regelmäßig aktualisiert, so dass sich eine laufenden Verfeinerung bzw. kontinuierliche Verbesserung ergibt.²¹

2.1.2) Vorbereitung - Kundenbedarfsanalyse

Bevor eine Wertstromanalyse angegangen wird sollte Klarheit über die zu betrachtenden Produktgruppen sein. Die Kundensichtweise spielt hierbei eine große Rolle, da die Kunden i.d.R. an spezifischen Produkten oder Produktgruppen interessiert sind und nur in den seltensten Fällen am gesamten Produktspektrum. Durch die Bildung von Produktfamilien können ähnliche Produkte, welche ähnliche Verarbeitungsschritte und Maschinenrüstungen aufweisen, zusammengefasst und gemeinsam betrachtet werden. I.A. sollte die Unterteilung der Produktfamilien nach flussaufwärts gelegenen Herstellungsschritten, die für viele Produkte gleichermaßen zutreffen, eingeteilt werden.

Oft ist es hilfreich die Produkte und die Fertigungsschritte bzw. Einrichtungen in Matrixform gegenüber zu stellen, so dass sich Produktfamilien ergeben.

I.d.R. werden die Produktfamilien in zwei Schritten gebildet, anfänglich sind die Produktionsprozesse mit ihren logischen Abfolgen darzustellen, nachfolgend sind die Merkmale der Produkte soweit zu untergliedern, dass einheitliche Anforderungen an die Betriebsmittel abzuleiten sind. Varianten innerhalb einer Produktfamilie werden nicht differenziert behandelt, sondern gleich gestellt bzw. in durchschnittlicher Form betrachtet. In der Wertstromanalyse

²¹ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 7 ff.).

wird ein typisches, repräsentatives Produkt der Familie ausgewählt und eingehend bearbeitet.

Der Kundenbedarf als Ausrichtung der wertstromorientierten Produktion ist bei der Wertstrommethode von zentraler Bedeutung. Der Kundenbedarf wird durch den Kundentakt ausgedrückt, welcher aus dem durchschnittlichen Stückbedarf abgeleitet wird, und den Takt bzw. den Rhythmus der Produktion angibt. Schwankungen im Kundenbedarf stellen die Notwendigkeit für Lagerhaltung und/oder kapazitätsflexibler Fertigung, wobei die kapazitätsflexible Fertigung aus Wertstromsicht zu bevorzugen ist. Menschen und Maschinen sind deshalb innerhalb des zwischen Vertrieb und Produktion vereinbarten Kapazitätskorridors flexibel einzusetzen, so dass (nur) gearbeitet wird, wenn Arbeit vorhanden ist.²²

$$\text{Kundentakt} = \frac{\text{verfügbare Betriebszeit}}{\text{Kundenbedarf}}$$

Formel 1: Berechnung des Kundentaktes

2.2) Wertstromanalyse

Die Wertstromanalyse dient zur effizienten Erfassung der im Unternehmen bzw. der Produktion tatsächlichen Gegebenheiten. Das primäre Ziel der Analyse ist die übersichtliche Darstellung des Material- bzw. Informationsflusses zur Entwicklung eines umfassenden Verständnisses der betrieblichen Abläufe, so dass entsprechende Verbesserungspotentiale aufgezeigt werden können. Unerlässlich hierbei ist die konsequente Einnahme der Wertstromsichtweise, die den Wertstrom aus der Perspektive des Kunden betrachtet. Eine solche Analyse zeigt einen Snapshot bzw. eine Momentaufnahme des aktuellen, typischen Betriebsgeschehens, bezogen auf den Material- und den zugehörigen Informationsfluss. Die Analyse wird i.d.R. in zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen durchgeführt, so wird erst der Materialfluss und nachfolgend der Informationsfluss betrachtet und die benötigten Daten durch Beobachtung, Befragung, Zählung etc. erfasst. Der Wertstrom wird hierbei in einfacher Art und Weise von Hand skizziert, so dass die wichtigsten Kenndaten der Prozesse erfasst und dargestellt sind. Das Ergebnis der Analyse ist eine transparente, logisch geordnete, plausible, einfache und verständliche Darstellung des kompletten Wertstroms auf einem Blatt, meist im Format A3.

Als besonders vorteilhaft zeichnet sich an der Methode die Darstellung der gesamten Produktion aus der Übersichtsperspektive aus, insbesondere werden die Zusammenhänge der einzelnen Prozesse (Produktions- und Geschäftsprozess) sichtbar, so dass etwaige Engpässe signifikant werden.

Die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems, ausgehend vom Kundenbedarf bzw. aus Kundensicht, steht im Vordergrund, so dass die Sichtweise auf das Zusammenwirken von Prozessen gerichtet ist und nicht auf die „Sub-Optimalität“ einzelner Prozesse. Der Detaillierungsgrad der Erfassung kann an die jeweilige Situation angepasst werden, so dass die Übersichtlichkeit bewahrt und die Konzentration auf die wesentlichen Aspekte bestehen bleibt. Diese transparente Darstellung ermöglicht ein umfassendes Verständnis der Produktion durch den Einbezug der technischen Prozesse, der Material- und Informationsflüsse. Die Verwendung von definierten

²²Vgl. (Rothböck & Weichselbaum, 2007, S. 177); Vgl. auch (Erlach, 2007, S. 45-53).

Symbolen erleichtert die Arbeitsweise und Kommunikation im gesamtbetrieblichen und insbesondere im überbetrieblichen Anwendungsmaßstab.²³

Ausgangsbasis für die Wertstromanalyse ist die Einnahme der Kundensicht, da diese die Anforderungen an die Produktion und an die einzeln betrachteten Prozesse stellt. Bei der Wertstromanalyse werden die Prozesse, nicht wie in anderen Logistikdarstellungen von der Quelle zur Senke dargestellt, sondern flussaufwärts von der Senke zur Quelle bzw. vom Versand zum Rohmaterialeingang betrachtet. Diese „Rückwärtsbetrachtung“ erleichtert die Ermittlung der Ursache-Wirkung-Beziehungen der einzelnen Prozesse. Nicht nur einzig die Sicht der Endkunden wird beachtet, sondern jeder Prozess definiert sich als Kunde und als Lieferant. Der betrachtete Prozess ist somit Kunde des vorgelagerten Prozesses und gleichzeitig Lieferant für den nächsten Prozess im gesamten System.

Die Flussaufwärtsbetrachtung ermöglicht und erleichtert die Verfolgung des Wertstroms bzw. des Materialflusses ungemein, da das Fertigprodukt eindeutig definiert ist und seine Vorgängerprozesse bekannt sind, im Gegensatz zur Betrachtungsweise aus Wareneingangssicht.²⁴

Der Detaillierungsgrad sollte an den Zustand des Prozesses angepasst sein. In einer ersten Grobanalyse des Ist-Zustandes können Faktoren ausfindig gemacht werden, die den reibungslosen Fluss verhindern. Bei der Ist-Analyse ist es somit wichtig, das Ziel bzw. die Vision des Sollzustandes immer vor Augen zu haben, um in keine zu tiefe Detaillierungsebene (Analysesumpf) zu fallen aber auch nicht zu oberflächlich zu sein. In der Anfangsphase der Wertstromanalyse ist es oft schwierig an verlässliche, saubere Daten zu gelangen, da oftmals die notwendige Standardisierung bzw. Basisstabilität der Prozesse fehlt. Je weiter sich die kontinuierliche Verbesserungsspirale verdichtet desto feiner sind die Details aufzulösen. Wichtig bei der Erhebung des Ist-Standes ist, die Konzentration nicht isoliert punktuell, sondern auf den gesamten Wertstrom bezogen zu betrachten, wobei die systematische Optimierung des Gesamtsystems oberste Priorität hat.²⁵

Durch diese prozessorientierte Betrachtung kann der vom Ist-Zustand abgeleitete Soll-Zustand erhebliche Verbesserungspotentiale zeigen, eine Reduktion der Durchlaufzeit um bis zu 80 % und eine Einsparung von Kosten um bis zu 20 % ist oftmals gegeben.²⁶

²³ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 4 ff.); vgl. auch (Erlach, 2007, S. 31-37).

²⁴ Vgl. (Erlach, 2007, S. 35).

²⁵ Vgl. (Linker & Meier, 2009, S. 69-75).

²⁶ Vgl. (Güney D. , 2006, S. 52 ff.).

2.2.1) Wertstromaufnahme

Nachdem der Wertstrom-Manager und die Produktfamilie bzw. das repräsentative Produkt definiert sind, kann mit der eigentlichen Aufnahme des Wertstroms bzw. des Ist-Zustandes begonnen werden. Hierzu sind als Hilfsmittel lediglich Papier im Format A3, Stoppuhr, Bleistift und Radiergummi und im Nachgang ein Taschenrechner notwendig.²⁷

Die Aufnahme des Wertstroms gliedert sich im Wesentlichen in zwei Durchgänge, wobei im ersten Durchgang die Produktionsprozesse und Materialflüsse und im zweiten Durchgang der Auftragserfüllungsprozess als Teil des Geschäftsprozesses mit den zugehörigen Informationsflüssen erfasst werden.

Im ersten Durchgang werden, nun ausgehend vom Versand, die einzelnen Prozessschritte und Materialflüsse in einem Rundgang durch die Fabrik logisch aufeinanderfolgend am Papier abgebildet. Methodisch wird hierbei mit dem „Endkunden“ im rechten unteren Bereich des A3-Blattes begonnen und die einzelnen Prozesse linear nach Richtung links angeordnet.

Der zweite Durchgang, die Erhebung des Informationsflusses, beginnt an der Schnittstelle der Auftragsabwicklung zum Kunden, respektive der Kundenauftragsannahme.

Es wird dringlich empfohlen die Erhebung der Daten persönlich vorzunehmen, da systemhinterlegte Daten meist nicht der Wirklichkeit entsprechen und oft ein verfälschtes Bild der Realität widerspiegeln.

Die Wertstromaufnahme ist somit eine Momentaufnahme des aktuellen Betriebsgeschehens, welche die konkreten Gegebenheiten der Produktion und der Auftragsabwicklung erfasst.

Um den Wertstrom gezielt aufnehmen und die notwendigen Daten erfassen zu können, haben sich nach Klaus Erlach vier Leitfragen als nützliches Instrumentarium erwiesen.²⁸

1) *Welches sind Ihre Tätigkeiten und Aufgaben?*

Ziel dieser Frage ist die Beschreibung des Prozesses der Produktion bzw. der Auftragsabwicklung. Bei Produktionsprozessen sollte der gesamte Arbeitszyklus beobachtet bzw. aufgezeichnet werden. Hilfreich kann die zusätzliche Dokumentation von sonstigen Eindrücken mittels Digitalkamera wie Sauberkeit, Ordnung etc. sein.

2) *Woher wissen Sie, was Sie wann zu tun haben?*

Das Ziel dieser Frage ist die Abfrage der Steuerungsinformationen, insbesondere im Produktionsbereich. Auftragslisten, Produktionsaufträge, Kommissionierlisten, Online-Planungsdokumente etc. zählen zu den relevanten Dokumenten. Oft kann es hilfreich sein, Kopien der jeweilig verwendeten Produktionsunterlagen der Wertstromanalyse beizufügen. Ebenso wie Dokumente, sind auch informelle Informationsflüsse aufzuzeichnen. Bei Geschäftsprozessen sind die Auslöser für die einzelnen Stufen der Auftragsbearbeitung in Erfahrung zu bringen.

3) *Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Ihr Arbeitsvorrat?*

Mit dieser Frage sollen die Bestände im Materialfluss erhoben werden. Die Anzahl der gelagerten oder gepufferten Teile zwischen zwei Produktionsprozessen sind vor Ort zu erheben, da Datenabfragen oft Abweichungen zur Realität zeigen. Sollte das Lager einer Bevorratungsstufe auf mehrere Orte aufgeteilt sein, so fließen alle Lagerorte in die Erfassung mit ein. Bei der Erhebung des Informationsflusses sind die offenen Vorgänge je Geschäftsprozess zu ermitteln.

²⁷ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 12-13).

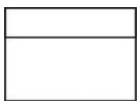
²⁸ Vgl. (Erlach, 2007, S. 53-57).

4) Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material bzw. Ihre Arbeitsaufträge?

Die Beantwortung dieser Frage führt zum nächsten Arbeitsplatz bzw. den vorgelagerten Prozess respektive zum nachgelagerten Geschäftsprozess. Die Beantwortung dieser Frage ist oftmals mit Schwierigkeiten verbunden, da Informations-Nebenflüsse oftmals nur wenigen Mitarbeitern bekannt sind und diese Informationen nur auf explizites Nachfragen in Erfahrung zu bringen sind.

Die Darstellung der Erfassung auf einem Blatt A3 bietet im Normalfall genügend Raum um den Wertstrom strukturiert und übersichtlich unter der Verwendung der entsprechenden Symbole und den zugehörigen Kennwerten darzustellen. Hierzu kommen der Verwendung des Bleistiftes und insbesondere die des Radiergummis wesentliche Bedeutung zu.²⁹

Die Wertstromzeichnung als Ergebnis der Wertstromanalyse stellt nun aus Kundensicht die Produktionsprozesse, welche hauptsächlich die Betriebsmittel bzw. Arbeitsplätze der Produktion abbilden, den Materialfluss mitsamt seinen Lieferanten (den fördertechnischen Verknüpfungen und der Lager) und den Informationsfluss des Geschäftsprozesse zu den jeweiligen Produktionsprozessen, dar.

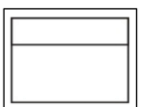


Der Produktionsprozess im engeren Sinne betrachtet ist von technischer Natur und umfasst im Wesentlichen die wertschöpfende Bearbeitung von Materialien und Teilen. Gleichsam der technischen Prozesse werden die logistischen Prozesse wie bspw. Prüfen von Qualität, Kommissionieren, Versenden etc. in Form eines Rechtecksymbols dargestellt. Tätigkeiten, welche mit der reinen örtlichen Veränderung der Teile zu tun haben wie z.B.: Fördern, Transportieren usw., werden dem Materialfluss zugordnet.

Externe Bearbeitungen gelten als Sonderfall, da in diesem Fall das „Werkstück“ die eigene Firma verlässt um bspw. wärmebehandelt zu werden und nach dem externen Prozessschritt wieder in den internen Wertfluss zurückkehrt.



Dieser Prozessschritt, welcher oftmals als „verlängerte Werkbank“ bezeichnet wird, wird in Form eines Rechtecks mit aufgesetztem „Scheddach“ skizziert und mit seinen Grundparametern (Name, Durchlaufzeit, Stückzahlen) dargestellt.



Prozesse mit gemeinsam genutzten Ressourcen werden in Form eines umrandeten Prozesskastens im Wertstromplan dargestellt. Hierzu gehören auch jene Ressourcen, welche durch andere Produkte genutzt werden und in der derzeitigen Wertstromanalyse nicht Betrachtung finden.

Kennwerte bzw. charakterisierte Zeiten die im Prozessdatenkasten eingetragen werden sind bspw.: Verlässlichkeit, EPE (Losgröße), Mitarbeiteranzahl, Anz. der Produktvarianten, Behältergröße, verfügbare Arbeitszeiten, Ausschussraten, Nacharbeitsraten etc..

Betriebsmittel	
BZ	Bearbeitungszeit
PZ	Prozesszeit
PM	Prozess Menge
HT	Anz. Teile/Produkt
ZZ	Zykluszeit

Die *Zykluszeit* ist spezifisch für die Wertstrommethode anzugeben, sie gibt an in welchem Zeitintervall ein Teil oder Produkt in einem Produktionsprozessschritt fertiggestellt wird.³⁰

Mit Hilfe dieser Messgröße können Aussagen über das Kapazitätsangebot in Bezug auf den Kundenbedarf und die Leistungsfähigkeit des Produktionsprozesses gemacht werden, vorausgesetzt den kontinuierlichen Betrieb und keiner Unterbrechung durch Rüsten oder störungsbedingter Einschnitte.

²⁹ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 12 ff.).

³⁰ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 19), vgl auch (Klevers, 2007, S. 46).

$$ZZ = \frac{BZ \cdot \#T}{\#Res}$$

Formel 2: Berechnung der Zykluszeit

oder

$$ZZ = \frac{PZ \cdot \#T}{PM \cdot \#Res}$$

Formel 3: Berechnung der Zykluszeit

ZZ	Zykluszeit [Zeiteinheit];
BZ	Bearbeitungszeit [Zeiteinheit];
PZ	Prozesszeit [Zeiteinheit];
PM	Prozess-Menge [Stk.]
#T	Anzahl Gleichteile/Endprodukt [Stk.]
#Res	Anzahl gleicher Ressourcen [Stk.]

Die *Wertschöpfungszeit (WSZ)* ist jene Zeit, für die der Kunde bereit ist finanzielle Mittel auszugeben, sie beinhaltet die Zeit für die spezifischen Arbeitselemente zur „Fabrikation“ eines Produktes. Diese Kenngröße setzt eine detaillierte Zeitaufnahme voraus und wird für die nachfolgende Optimierung durch das Wertstromdesign notwendig.

Die *Bearbeitungszeit (BZ)* gibt an wie lange ein Teil bearbeitet wird und beinhaltet sowohl den manuellen Arbeitsinhalt als auch die Laufzeit von Betriebsmitteln. Inkludiert sind hierbei sämtliche *Nebenzeiten (NZ)*, welche unmittelbar mit dem Bearbeitungsschritt verbunden sind.³¹

Die *Durchlaufzeit (DLZ)* ist jene Zeit die ein Produkt benötigt um einen gesamten Prozess oder Wertstrom zu durchlaufen.

Die *Prozesszeit (PZ)* gibt an, wie lange sich Teile im jeweiligen Prozess befinden.

Die *Rüstzeit (RZ)* ist jene Zeit die benötigt wird um ein Betriebsmittel auf das nachfolgende Teil einzustellen.³²

RZ	Rüstzeit
LG	Losgröße
#VAR	Ant. der Varianten
V	Verfügbarkeit [%]
EPEI	EPEI-Wert

Der *EPEI-Wert* im Ist-Zustand eines Produktionsprozesses ergibt sich aus der Summe der Bearbeitungszeiten für alle Produktvarianten in den jeweils vorgegebenen Losgrößen, zuzüglich der Summe der notwendigen Rüstzeiten, dividiert durch die Anzahl gleicher Ressourcen, multipliziert mit der täglich verfügbaren Arbeitszeit bzw. der Berücksichtigung von geplanten und ungeplanten Störungen.³³

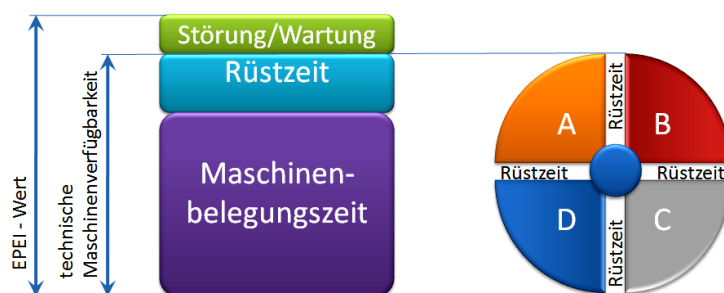


Abbildung 5: Schematische Darstellung des EPEI-Wertes³⁴

Der Messwert gibt Auskunft über die momentane Flexibilität eines Produktionsprozesses, in dem er zeigt wie lange es unter gegebenen Umständen dauert bis alle Varianten eines Produktes genau einmal produziert worden sind.

³¹ Vgl. (Klevers, 2007, S. 47)

³² Vgl. (Klevers, 2007, S. 49)

³³ Vgl. (Erlach, 2007, S. 63 ff.).

³⁴ Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Erlach, 2007, S. 66), zeigt die Bearbeitungszeiten von vier Varianten (A-D), welche jeweils durch Rüstzeiten unterbrochen sind.

$$EPEI = \frac{\sum BZ + \sum RZ}{\#Res \cdot AZ} = \frac{\#Var}{\#Res} \cdot \frac{((LG \cdot BZ) + RZ)}{AZ}$$

Formel 4: Berechnung des EPEI-Wertes ohne Berücksichtigung der technischen Verfügbarkeit.

oder

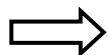
$$EPEI = \frac{\sum BZ + \sum RZ}{\#Res \cdot V \cdot AZ} = \frac{\#Var}{\#Res \cdot V} \cdot \frac{((LG \cdot BZ) + RZ)}{AZ}$$

Formel 5: Berechnung des EPEI-Wertes mit Berücksichtigung der technischen Verfügbarkeit.

BZ	durchschn. Bearbeitungszeit/Stk. [Zeiteinheit];	RZ	Rüstzeit [Zeiteinheit];
AZ	tägl. Arbeitszeit [Zeiteinheit];	LG	durchschn. Losgröße [Stk.];
V	techn. Verfügbarkeit;		
#Var	Anzahl der Varianten [Stk.];	#Res	Anzahl gleicher Ressourcen [Stk.]

Der *Kundentakt* ist eine der wesentlichen Angaben im Datenkasten, da dieser Wert von der tatsächlich verkauften bzw. zu verkaufenden Menge ausgeht, diese Betrachtung beinhaltet, dass keinerlei Ausschuss oder Nacharbeit existiert. Der *prozessspezifische Kundentakt* korrigiert dieses Manko in dem die Gutaussbeute bzw. Ausschuss und etwaige Nacharbeit explizit aufgeführt werden und somit Berücksichtigung finden. Allgemein kann das Verhältnis vom Kunden- zu prozessspezifischen Kundentakt als Qualitätsmerkmal für den jeweiligen Prozess herangezogen werden. In der Wertstromskizze wird der prozessspezifische Kundentakt dem jeweiligen Prozessdatenkasten zugeschrieben, wobei der Kundentakt folglich dem „Endkunden“ zugeschrieben wird.³⁵

Der Materialfluss zwischen den Produktionsprozessen verkettet die Produktionsprozesse logistisch miteinander, wobei sich der Materialfluss durch die Komponenten Transportieren, Handhaben und Lagern darstellt.



Die symbolische Darstellung für den *innerbetrieblichen Transport* zwischen den einzelnen Prozessen wird in Form eines geschwärzten dicken Pfeils angegeben, wobei die Spitze in Richtung des Materialflusses zeigt. Der *außerbetriebliche Materialfluss* wird hingegen als „weißer Pfeil“ skizziert.



Zwischen oder vor den einzelnen Produktionsprozessen, oder nach dem Fertigstellungsprozess entstehen häufig Lager die bspw. durch unterschiedliche Bearbeitungszeiten etc. „notwendig“ erscheinen. Da insbesondere die Elimination von Lager primäres Ziel der Wertstrom-Methode ist wird als Lagersymbol ein aufrecht stehendes Dreieck verwendet, als Synonym für „Achtung Verschwendung“.³⁶

Lager-Bezeichnung	
#LP	Bearbeitungszeit
BM	Bestands-Menge
#T	Anz. Teile/Produkt
RW	Reichweite

Zu jedem Lager gehört, wie auch bei den Produktionsprozessen, ein Datenkasten der die wesentlichen Informationen enthält. Neben der *Bezeichnung*, der Art und der Anzahl der Lagerplätze des Lagers ist die Angabe des *Bestandes*. Dieser umfasst alle Varianten der Vorfertigungsteile der betrachteten Produktfamilie. Bei der Angabe der Daten ist darauf zu achten, dass es sich um reale Werte handelt, diese sollten nach Möglichkeit nachgezählt werden und nicht dem EDV-System entnommen werden, da diese oftmals different zum physikalischen Bestand sind. Die für die Wertstromanalyse essenzielle Größe ist die *Reichweite (RW)* des jeweiligen Bestandes. Diese kann in einfacher Art und Weise berechnet werden, indem die Be-

³⁵ Vgl. (Erlach, 2007, S. 47-50, S. 67-71).

³⁶ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 18).

standsmenge durch die Jahresabsatzmenge, unter Berücksichtigung der Gleichteile je Produkt, dividiert wird.

$$RW = \frac{BM}{\#T \cdot Stk} \cdot FT$$

RW	Reichweite [Zeiteinheit]
BM	Bestandsmenge [Stück];
Stk	Jahresabsatzmenge [Stück];
FT	Fabrikstage [Zeiteinheit];
#T	Anzahl der Gleichteile / Produkt

Formel 6: Berechnung der Reichweite



Der werksexterne Materialfluss verbindet Lieferanten bzw. Kunden mit dem Unternehmen. Die Zulieferer werden symbolisch gleich der „verlängerten Werkbank“ dargestellt und mit den entsprechenden Firmennamen beschriftet. Im zugehörigen Datenkasten sind die Lieferfrequenz und die Wiederbeschaffungszeit einzutragen. Die Art der Anlieferung wird oftmals durch ein entsprechendes Piktogramm, wie etwa dem LKW, stilisiert dargestellt.³⁷

Die Darstellung des Kundensymbols differiert in der betrachteten Literatur, so wird in „Sehen lernen“ von M. Rother & J. Shook, das Symbol von Lieferant und Kunde gleichgestellt und in Form der stilisierten „Sheddach-Konstruktion“ dargestellt. Klaus von Erlach differenziert hingegen in seinem Werk „Wertstromdesign“ in dem der Lieferant mit stilisiertem Sheddach und der Kunden mit stilisiertem Satteldach dargestellt wird. Da Endkunden prinzipiell anders als Zulieferer zu behandeln sind, soll nachfolgend das Satteldach als Endkundensymbol verwendet werden.

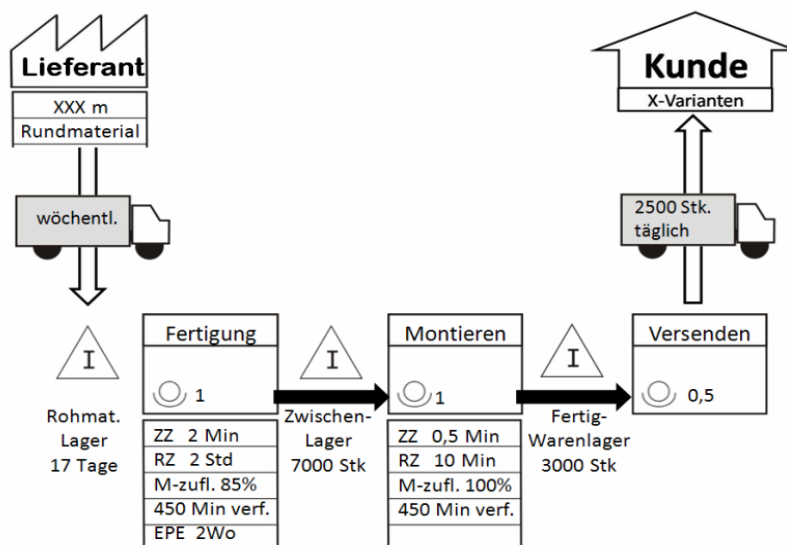


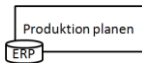
Abbildung 6: Einfache Wertstromdarstellung für Produktionsprozess und Materialfluss³⁸

Nachdem die erste Sichtweise die Produktionsprozesse darstellt und in der zweiten Betrachtung die Verkettung durch den Materialfluss dargestellt wurde, wird auf der dritten Ebene der Informationsfluss beleuchtet. Zahlreiche Planungs-, Steuerungs- und Regelungsaufgaben sind notwendig um Produktionsprozesse und Materialflüsse zum „Laufen“ zu bringen. Diese Informationen werden im Auftragsabwicklungsprozess verarbeitet bzw. durch diesen bereitgestellt.

³⁷ Vgl. (Erlach, 2007, S. 47-79), vgl. auch (Rother & Shook, 2006, S. 14-25).

³⁸ Eigene Darstellung.

Die Auftragsabwicklung unterteilt sich nach Erlach in drei wesentliche Punkte, die zur Analyse des Wertstroms essenziell sind.



Der *Geschäftsprozess* dient zur Erfüllung von Kundenaufträgen, es werden Informationen zur Planung und Steuerung der Produktion erzeugt, verarbeitet und gespeichert. Symbolisiert wird der Geschäftsprozess als Rechteck in dem die relevanten Daten eingetragen werden. Die Daten die zu erfassen sind sollen den Gesamtablauf übersichtlich darstellen, eine detaillierte Aufnahme der Tätigkeiten sollte hierzu meist nicht notwendig sein. Essenziell für die Beschreibung des Geschäftsprozesses ist die entsprechende Kategorisierung des Geschäftsfalls wie bspw. Kundenauftrag, Nacharbeitsauftrag, Produktionsauftrag, Fertigungsauftrag, Planungsauftrag etc.. Die Erstellung der Aufträge wird meist durch EDV-Systeme wie PPS oder ERP unterstützt bzw. aus den Systemen entsprechend der Systemeinstellungen ausgegeben. Nach Erlach werden in Unternehmen oftmals parallel unterschiedliche Planungssysteme eingesetzt, diese mehrfachen, unabhängigen (redundanten) Daten beinhaltet die Gefahr der Dateninkonsistenz, welche oftmals zu Fehlern in der Planung führen.³⁹ Das EDV-System bzw. die unterschiedlich, verwendeten Systeme zur Planung und Steuerung werden im Prozesskasten der Wertstromskizze festgehalten.



Der Auftragsbestand ist die Summe der „wartenden“ Einzelaufträge in der Auftragswarteschlange. Die Reichweite der Aufträge zeigt an wie lange ein Unternehmen im Voraus „ausgebucht“ ist, dies drückt sich in der Länge der Warteschlange aus. Oftmals wird eine „Inbox“ vor den eigentlichen Prozessen als „Lager“ für Aufträge, bzw. als Symbol für die Warteschlange eingezeichnet. Die Summe der wartenden Aufträge wird als Länge der Warteschlange im Prozesskasten eingetragen.

$$W = \sum \#A \cdot KT$$

Formel 7: Berechnung der Warteschlange

W	Warteschlange [Zeiteinheit];
KT	Kudentakt [Zeiteinheit];
#A	wartende Aufträge [Stk.];

Der *Informationsfluss*, als zweiter wesentlicher Punkt, betrachtet sowohl die Weitergabe von Daten und Dokumenten bzw. Informationen innerhalb des Geschäftsprozesses, als auch die Verbindung hin zu den Produktionsprozessen, Lieferanten und Kunden. Skizziert in der Wertstromdarstellung, wird dies mittels dünnen Pfeils der mit etwaigen Zusatzsymbolen für die Art der jeweiligen Information ergänzt.

Typischerweise ist der Geschäftsprozess in fünf Teilprozesse gegliedert, die zum Teil systembedingt hierarchisch angeordnet sind: Auftrag erfassen – Produktion planen – Material dispositionieren und beschaffen – Produktion steuern – Lieferung vorbereiten.

Die Informationsflüsse werden i.d.R. im zweiten Durchgang der Wertstromanalyse erfasst und dargestellt. Gleich der Aufzeichnung der Produktionsprozesse wird auch bei der Aufzeichnung des Informationsflusses kundenseitig begonnen, wobei in der Skizze rechts oben der Kunden platziert und von dort aus der Fluss nach links bis zu den jeweiligen Lieferanten aufgezeichnet wird.

Die logistische Verknüpfung von Material- und Informationsfluss beeinflusst den Produktionsprozess entscheidend, wobei prinzipiell nach bedarfsgesteuerter- und verbrauchsgesteuerter Disposition unterschieden wird.

³⁹ Vgl. (Erlach, 2007, S. 82).

Die bedarfsgesteuerte Disposition arbeitet i.d.R. prognosebasiert und wird hauptsächlich im Bereich der Serienproduktion angewendet. Zur Nutzung von Skaleneffekten (durch Losgrößenbildung) und zur Verkürzung von Lieferzeiten werden in der kundenauftragsorientierten Produktion Halb- oder Fertigprodukte entsprechend der Prognosen vorproduziert. Der Planungshorizont entspricht dabei i.d.R. der Planungshäufigkeit (PH) und gibt an in welchen Intervallen eine Neuplanung stattfindet. Oftmals ist die Planung nicht rollierend und die Reihenfolgen nicht festgelegt, wobei häufig die Produktionsflexibilität durch die Vergabe von Prioritäten zusätzlich eingeschränkt wird. Die Steuerung des Vorgängers und die eigene Steuerung des Nachfolgeprozesses sind die zentralen Merkmale einer planungsorientierten Produktion. Um die Abstimmung zwischen den einzelnen, seriell ablaufenden Prozessen zu vereinfachen, werden gelegentlich Übergangszeiten kalkuliert. Diese Übergangszeiten zeigen sich in der Wertstromanalyse als Pufferlager vor den jeweiligen Prozessen.

Die verbrauchsorientierte Disposition nach dem Bestellbestandsverfahren ist eine weitere Möglichkeit der planungsorientierten Produktion. Bei diesem Verfahren werden die Produktionspläne verbrauchsgesteuert erstellt, so dass entsprechend dem entnommenen Bedarf produziert wird. Die Bestellung wird ausgelöst sobald der Meldebestand erreicht ist, damit innerhalb der Wiederbeschaffungszeit das Lager aufgefüllt werden kann. Hierbei gilt die Bestellmenge ist „fix“ bzw. wird entsprechend der Prognosen angepasst und die Bestellzeiten gestalten sich variabel. Im umgekehrten System mit fixen Bestellrhythmen und flexibler Bestellmenge wird das Lager in definierten Zeitintervallen mit den entsprechenden vorherigen Entnahmen, unter Berücksichtigung der Zukunftsprognosen, aufgefüllt. In der Wertstromskizze sind die jeweiligen Größen wie Meldebestände, Wiederbeschaffungszeiten, Losgrößen und Sicherheitsbestände anzuführen.

Die Wertstromaufnahme ist mit der Darstellung der Geschäftsprozesse, der Einzeichnung der Informationsflusspfeile und der Aufführung der jeweiligen Informationsträger abgeschlossen. Die Informationslinien verbinden Kunden, Prozesse und Lieferanten so, dass der Fluss sich zeigt oder sich etwaige Engstellen im Wertstrom offenbaren.⁴⁰

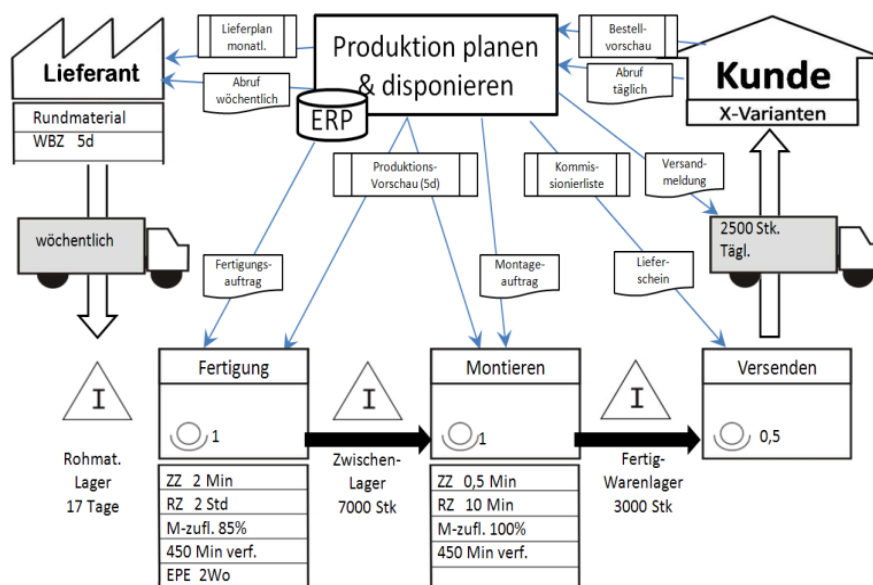


Abbildung 7: Einfache Wertstromdarstellung⁴¹

⁴⁰Vgl. (Erlach, 2007, S. 83-98).

2.1.2) Wertstromauswertung - Verbesserungspotentiale

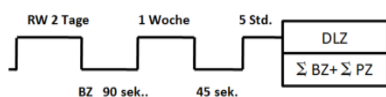
Die Wertstromdarstellung fließt in die Potentialanalyse als finales Element ein, so dass sowohl Verbesserungspotentiale des Wertstroms bezüglich des Kapazitätsprofils, als auch der Produktionsdurchlaufzeiten aufgezeigt werden können. Hierzu ist es notwendig die Bearbeitungszeit der Durchlaufzeit gegenüber zu stellen, dies ermöglicht eine erste Bewertung im *Flussgrad* des Produktionssystems.

Der Flussgrad errechnet sich somit aus dem Quotienten der Summe der Bearbeitungs- und Prozesszeiten durch die Bestandsreichweiten unter Berücksichtigung der täglichen Arbeitszeit.

$$FG = \frac{\sum_{Prozess} (BZ + PZ)}{\sum_{Lager} RW \cdot AZ} \cdot 100$$

Formel 8: Berechnung des Flussgrades

FG	Flussgrad [%];
BZ	Bearbeitungszeit [Zeiteinheit];
PZ	Prozesszeit [Zeiteinheit];
RW	Reichweite der Lagerbestände [Zeiteinheit];
AZ	Arbeitszeit / Tag [Zeiteinheit];



In der Wertstromskizze wird die Zeitlinie als Sprunglinie mit zwei Niveaus unterhalb der Daten der Produktionsprozesse eingezeichnet und entsprechend beschriftet. Im oberen Niveau werden jene Zeiten

eingetragen, welche sich zum Materialfluss mit den jeweiligen Lager oder Pufferlager zuordnen lassen. Im unteren Niveau werden die Zeiten der Produktionsprozesse eingetragen.⁴²

Die relative Leistungsfähigkeit der einzelnen Prozesse bzw. Betriebsmittel zueinander wird transparent, so dass nachfolgend eine Abstimmung und somit eine Taktung der abfolgenden Prozesse einstellen lässt. Im Einzelfall können auch, ohne der Notwendigkeit von strukturellen Änderungen, Schwachstellen durch punktuelle Sofortmaßnahmen verbessert werden.

Die Durchlaufzeit als wesentlicher Begriff der Wertstrommethode ist bei erweiterter Sichtweise jene Zeit die von der Rohmaterialanlieferung bis zur Auslieferung des Fertigproduktes an den Kunden vergeht. Wichtig bei dieser Betrachtung ist die strikte Einhaltung der FIFO-Regel, welche besagt, dass das erste angelieferte Teil als erstes den Prozess, Lager etc. wieder verlässt (first in - first out) und von keinem anderen Teil überholt werden darf.⁴³

Die Durchlaufzeit ist somit die Summe der Bearbeitungs- und Prozesszeiten, addiert mit der Summe der Lagerreichweiten, wobei stets der längste Pfad für die Angabe der Länge der Durchlaufzeit relevant ist.⁴⁴

$$DLZ_{Prod} = \sum_{Prod} (BZ + PZ) + \sum_{Lager} RW$$

DLZ _{Prod}	Produktionsdurchlaufzeit [Zeiteinheit];
BZ	Bearbeitungszeit [Zeiteinheit];
PZ	Prozesszeit [Zeiteinheit];
RW	Reichweite der Lagerbestände [Zeiteinheit];

Formel 9: Berechnung der Produktionsdurchlaufzeit

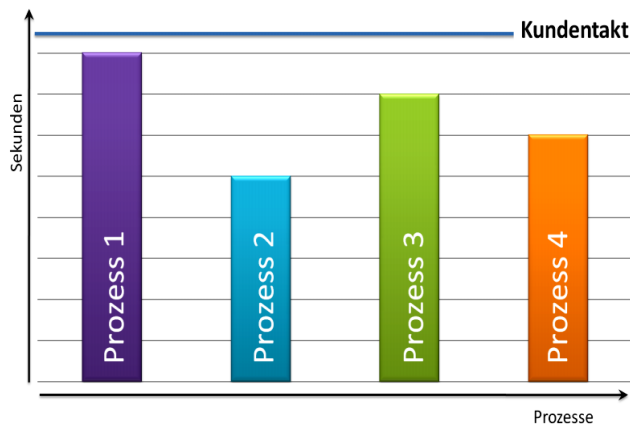
⁴¹ Eigene Darstellung.

⁴² Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 28-29), Vgl. auch (Erlach, 2007, S. 95-96).

⁴³ Vgl. (Lerchner, Egger, & Reinbert, 1999, S. 163).

⁴⁴ Vgl. (Erlach, 2007, S. 94).

Die Abstimmung der Prozesse untereinander zeigt sich ausschlaggebend für den Fluss des Wertstromes. Die einzelnen Prozesse bzw. deren Zeiten werden üblicherweise in einem Balkendiagramm dargestellt und auf den Kundentakt referenziert. Im Normalbetrieb sollen die



Prozesse knapp unterhalb bzw. nahe am Kundentakt liegen. Werte die über dem Kundentakt liegen sind Anzeichen für unzureichende Kapazitäten. Werte die hingegen weit unter dem Kundentakt liegen weisen auf Überkapazitäten hin. In der Wertstromanalyse wird die Zykluszeit der Prozesse, welche die kapazitive Leistungsfähigkeit des Prozesses ausdrückt, dargestellt, so dass ein Kapazitätsprofil des betrachteten Wertstroms entsteht.

Abbildung 8: Taktabstimmungsdiagramm

Das Ziel der Taktabstimmung liegt in der möglichst gleichmäßigen Verteilung der Abfolge von Arbeitsplätzen bzw. Produktionsprozessen und die Anpassung an die jeweiligen Kundenanforderungen. Hierzu ist es oftmals sinnvoll nicht nur die Zykluszeiten, sondern die zusätzliche Erweiterung um die Rüstzeit pro Los und andere Restriktionen wie bspw. Verfügbarkeiten in Betracht zu ziehen, so dass die entstehende Zeit als Bruttozykluszeit angesehen werden kann. Das sich zeigende Verhältnis von Bruttozykluszeit zum Kundentakt drückt die Auslastung bzw. den Auslastungsgrad der betrachteten Produktionsprozesse aus.⁴⁵

$$A_{\text{Brutto}} = \frac{BZ + \frac{RZ}{LG}}{KT \cdot V} \cdot 100$$

Formel 10: Berechnung des Bruttoauslastungsgrades

A	Auslastungsgrad (Brutto) [%]
BZ	Bearbeitungszeit [Zeiteinheit];
RZ	Prozesszeit [Zeiteinheit];
LG	Losgröße [Stk.]
KT	Kundentakt [Stk./Zeiteinheit];
V	Verfügbarkeit [%]

Mit der Darstellung der Verbesserungspotentiale schließt die Wertstromanalyse. Die Verbesserungspotentiale im Wertstrom werden in Bezug auf die Vermeidung von „Verschwendung“, welche sich sowohl in langen Durchlaufzeiten, vielen Lager und hohen Lagerbeständen, als auch ungleichmäßig genutzten Kapazitäten zeigt, transparent dargestellt. Durch die einfache und übersichtliche Darstellung des gesamten Produktionsprozesses, der Materialflüsse und zugehörigen Informationsflüsse erleichtert dies die Ausrichtung an die Bedürfnisse des jeweiligen Kunden.




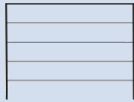





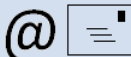


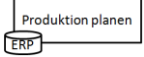
Es sei nochmals erwähnt, dass unter dem Begriff „Kunde“ sowohl Endkunden als auch der nächstfolgende Prozess zu verstehen ist.










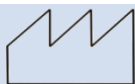




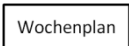
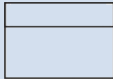
Die Zeitlinie gibt an, an welchen Orten im Produktionsfluss sich Engstellen befinden und sich Materialbestände anhäufen. Signifikant zeigen sich Engpässe oder Überkapazitäten, welche sich im Kapazitätsprofil niederschlagen und so die Leistungsfähigkeit der einzelnen Prozesse demonstrieren. Durch gezielte Verbesserungen sollte der Wertstrom nachfolgend in „fluss“ gebracht werden, so dass sich die vorhandene Verschwendung minimiert.

⁴⁵ Vgl. (Erlach, 2007, S. 98-103).

2.2.3) Symbole der Wertstromdarstellung

Die Skizzierung des Ist-Zustandes erfolgt i.d.R. mit wenigen einfachen Symbolen auf einem Blatt Papier im Querformat A3. Nachfolgend sind die wichtigsten und oftmals verwendeten Symbole mit kurzer, stichwortartiger Beschreibung der Begriffe dargestellt.

Symbol	Name	Bereich	Beschreibung
	Anzeigegerät	Information	Datenausgabe am Bildschirm oder Drucker
	Arbeitsstation, Zelle (Workcell, Cell)	Prozess-Ablauf	Zusammenfassung verschiedener Prozesse an einer Station
	Ausgleichskasten	Information	Ausgeglichener Typenmix über einen best. Zeitraum
↓	Ausschuss	Information	Prozentsatz des Ausschusses
	Daten (Data Box)	Information	beinhaltet alle für die Prozess-Analyse relevanten Daten
	Datensatz	Information	Datensatz im Netzwerk oder auf einem Datenträger
	Dokument	Information	Dokument per EDI, E-Mail, Fax, Papier oder Etikette
	EDV MRP / ERP / PPS	Information	elektronische Angaben zur Produktionsplanung und Produktionssteuerung
	EDV-Schnittstelle	Information	Schnittstelle zu einem EDV-System
	Entnahme „Pull“	Materialfluss	Zeichen für Entnahme aus Kanban-Lager; vom Werker initiiertes Materialzufluss
	Via E-Mail	Information	Informationsfluss via E-Mail
	FIFO (first in first out)	Materialfluss	FIFO-Linie mit begrenzter Aufnahmekapazität
	Freigabesignal (Taktung) „Drum“	Information	Freigabesignal für die Engpasssteuerung
	Geschäftsprozess mit EDV-System	Information	Prozess in der Auftragserfüllung mit Unterstützung durch ein EDV-System
↑	Gutausbeute	Information	Prozentsatz der Gutteile

	Inbox	Information	„Lager“ für wartende Aufträge
	Informationsfluss	Information	Allg. Informationsfluss, z. B. Arbeits- und Verfahrensanweisungen
	Input Output	Materialfluss	Materialzufluss im Prozess; Materialabfluss aus dem Prozess, Prozessergebnis
	Kaizen Workshop	Prozess-Verbesserung	Zeichen für notwendige Prozess-Verbesserung durch Kaizen-Workshop
	Kanban Lager (Supermarket)	Materialfluss	kleines Lager, in dem einige wenige Bauteile vorhanden sind, Selbstbedienung durch Werker
	Kanban Entnahme	Materialfluss/ Information	Erlaubnis zur Entnahme aus dem Kanban Lager
	Kanban-Produktion	Materialfluss/ Information	Erlaubnis zur Produktion
	Kanban-Signal	Materialfluss/ Information	Aufforderung zur Nachproduktion
	Kanban Post	Information	Informationscontainer, in dem Anforderungen für Kanban-Systeme enthalten sind
	Lieferant, Fremdbearbeitung	Prozess-Ablauf	Endkunde eines Prozesses, Zulieferer, Fremdbearbeitung
	Lager (Inventory (I))	Materialfluss	herkömmliches (dauerhaftes) Lager, in dem Zwischen- und Endprodukte aufbewahrt werden
	Lager – Puffer (Inventory hedge, safety stock)	Materialfluss	temporäres Lager zur Vermeidung von Prozess-Stillständen
	Liste	Information	Dokumenten-Übersicht als Papier oder am Bildschirm
	Nacharbeit	Information	Prozentsatz der Nacharbeit
	Produktionsplan	Information	Beschreibung des Informationsflusses
	Prozess	Prozess-Ablauf	Prozess-Schritt, auch zusammengefasste Prozess-Schritte (vgl. Arbeitsstation)

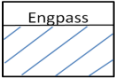
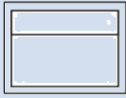



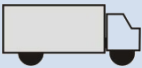



	Prozess - Engpass	Prozess-Ablauf	Prozess der eine Engstelle im Wertstrom darstellt.
	Prozess-gemeinsam	Prozess-Ablauf	Prozesse, welche von mehreren Wertströmen gemeinsam genutzt werden
	Prozess-Restriktionen	Prozess-Ablauf	Prozesse mit Restriktionen (z.B. Rüstfolgen)
	Prüfung (go see)	Information	(visuelle) Prüfung von Ergebnissen eines Prozess-Schrittes bzw. des Endergebnisses
	Push	Materialfluss	Automatische Zuführung von Material, z. B. Fließband
	Transport LKW (external shipment)	Materialfluss	Zulieferung oder Auslieferung von Material per LKW
	Transport physisch (manual shipment)	Materialfluss	Zulieferung oder Auslieferung von Material zu Fuß
	Werker (operator)	Information	Anzahl Werker, die für diesen Prozess-Schritt notwendig sind
	Zeitschiene (timeline)	Information	Prozess-Zeit, unterteilt in Zeit, die für die Schaffung von Mehrwert (CVA) und Zeit ohne Schaffung von Mehrwert (NVA).

Tabelle 1: Symbole der Wertstromdarstellung

2.3) Wertstromdesign

Der Zweck des Wertstromdesigns liegt in der Beseitigung der Ursachen für Verschwendung, mit dem primären Ziel der Gestaltung einer schlanken, wertstromoptimierten Unternehmung. Die Optimierung des Produktionsbereiches durch den Aufbau eines effizienten, kontinuierlichen, kundenorientierten Wertstromes gilt als maßgeblich, wobei das Optimum im „One-Piece-Flow“ gesehen wird. Lager stehen als Synonym für Verschwendung und sind daher möglichst zu vermeiden, sollte dies an einer Stelle nicht möglich sein, so sollte die Fließfertigung durch Supermarkt-Pull Lager (Kanban-Lager) ersetzt werden. Jeder einzelne Prozess sollte nur das produzieren was beim nächsten Prozess benötigt wird.⁴⁶

Das Wertstromdesign liefert einen Leitfaden zur kontinuierlichen Verbesserung des gesamten Produktionsprozesses durch seine durchgehende Kundensicht und der Ausrichtung am Kundentakt. Die Effizienz des Unternehmens kann durch die Vermeidung von Verschwendung, welche sich üblicherweise in sieben Variationen zeigt, signifikant verbessert werden. Diese Arten der Verschwendung entspringen dem Toyota-Produktionssystem (TPS), welches als Wiege von „Lean“ und auch der Wertstrommethode gilt.

Besonderes Augenmerk wird auf die Produktion von Gütern gelegt, welche keinen direkten Kundenbedarf bzw. Bestellung haben. Diese Form der Verschwendung wird als *Überproduktion* bezeichnet und führt zu Lagerüberhängen, überflüssigen Transportkosten, unnütz gespeicherten Informationen und der Verschwendung von Arbeitskraft.

Wartezeit und *Leerlauf* sind eine weitere Form der Verschwendung, welche sowohl durch Verzögerungen im Fertigungsprozess, als auch durch mangelnde Auslastung von Maschinen und Kapazitätsengpässen hervorgerufen wird.

Unnötige, lange Transportwege von Material, Halb- und Fertigprodukten zwischen Lager oder verschiedenen Prozessen gelten als eine weitere Form von Verschwendung.

Die *mangelhafte Organisation* der Arbeitsprozesse beinhaltet ineffiziente bzw. unnötige Bearbeitungsschritte. Hervorgerufen wird diese Form von Verschwendung sowohl durch den Einsatz von ungeeigneten Werkzeugen oder schlecht durchdachten Produktdesigns, als auch durch die Produktion einer höher als geforderten Qualität und oftmals der Durchführung von „Fleißarbeiten“.

Die fünfte Form der Verschwendung zeigt sich in den *Lagerüberhängen*. Die großen Bestände an Rohmaterialien, Gütern im Produktionsprozess und Fertigprodukten führen zu langen Durchlaufzeiten und einer unflexiblen Produktion. Zudem verschleiern diese Überhänge Problemstellen wie bspw. unausgeglichene Produktionsauslastung, Leerläufe, lange Umrüstzeiten, Qualitätsprobleme etc..

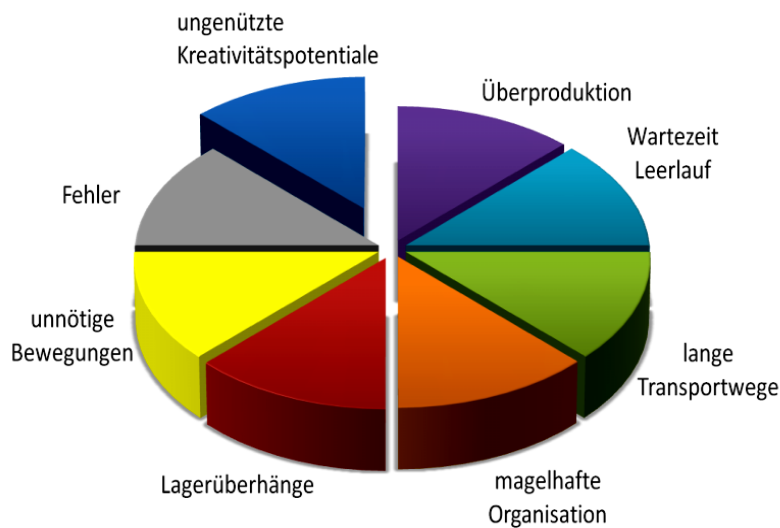
Unnötige Bewegungen gelten als weitere Form der Verschwendung, welche es zu eliminieren gilt.

Fehler in der Produktion, insbesondere wenn diese erst am Fertigprodukt erkannt werden, gelten als wichtiger, dringlich zu vermeidender Faktor. Die Produktion von fehlerhaften Teilen gilt nicht als wertgenerierende Tätigkeit sondern als besondere Form der Verschwendung von Material, Energie und Zeit, da meist Nacharbeit, Reparatur oder gar die Neuproduktion der fehlerhaften Teile notwendig wird.⁴⁷

⁴⁶ (Rother & Shook, 2006, S. 51).

⁴⁷ Vgl. (Linker & Meier, 2009, S. 66 ff.), vgl. auch (Erlach, 2007, S. 105-112).

Die dargestellten sieben Formen der Verschwendung werden in neuerer Zeit durch eine weitere Form, die der *ungenutzten Kreativitätspotentiale* ergänzt. Die Innovationsfähigkeit eines schlanken Unternehmens setzt das Gehör für Ideen, Fähigkeiten, Verbesserungen und Lern-



möglichkeiten von arbeitern voraus. den diese Potentiale nicht genutzt so entsteht Verschwendung, welche sich oftmals zusätzlich durch eine etwaige Frustration von Mitarbeiter im negativen Sinn verstärkend auswirken kann.⁴⁸

Abbildung 9: Formen der Verschwendung⁴⁹

2.3.1) Vorgehen

Die im nachfolgenden Gliederungspunkt dargestellten Gestaltungsrichtlinien für das „Design“ des Wertstroms, stellen ein Set an grundlegenden Bausteinen zur Optimierung dar. Der im Vorfeld aufgenommene Ist-Zustand wird zielorientiert und erfahrungsbasiert unter Zuhilfenahme der Richtlinien systematisch in den Soll-Zustand überführt. Die Ausrichtung des Sollzustandes basiert nach Klaus Erlach im Wesentlichen auf vier Säulen⁵⁰.

Die Gliederung der Fabrik, welche die *Produktionsstrukturierung* beinhaltet, bezieht sich auf einen Ausschnitt des Produktionsspektrums, das ähnlich der in der Wertstromanalyse gebildeten Produktgruppen oder -familien gebildet wird. Die im Wertstrom dargestellten Ressourcen werden den Produkten entsprechend fix zugeteilt.

Die Gestaltung des Produktionsflusses baut auf die Produktionsstrukturierung auf und *dimensioniert* die *Kapazitäten* im Planungszeitraum entsprechend den technologischen Erfordernissen und der Ausrichtung am Kundentakt (vgl. Gestaltungsrichtlinie 1).

Die Gestaltung des Materialflusses bzw. der *Produktionssteuerung* legt fest, auf welche Art und Weise die einzelnen Produktionsprozesse logistisch miteinander verknüpft sind. Mit der Festlegung des Materialflusses und der Definitionen des Schrittmacherprozesses werden mitunter die wichtigsten Elemente des Wertstroms bestimmt.

Die Gestaltung des Informationsflusses respektive der *Produktionsplanung* wird der Kundenbedarf und das Kapazitätsangebot entsprechend angepasst, so dass die Produktionsaufträge möglichst homogen in den Fertigungsprozess eingesteuert werden können und sich ein kontinuierlicher Fluss einstellen kann.

⁴⁸ Vgl. (Linker & Meier, 2009, S. 67).

⁴⁹ Eigene Darstellung.

⁵⁰ Vgl. (Erlach, 2007, S. 112).

Die Konzeption schließt mit der Definition konkreter Verbesserungsmaßnahmen in Form eines Umsetzungsplanes, welche zum Erreichen des Soll-Zustandes notwendig sind.

Aus Sicht der Wertstromperspektive lassen sich sowohl technologische als auch organisatorische Anforderungen der Prozesse ableiten und entsprechend abstimmen, hierbei werden oftmals technische Innovationen oder Veränderungen im Produktmanagement angestoßen und/oder eingefordert.

Produktionsstrukturierung (Gliederung der Fabrik)

Die Aufgabe der Fabriksplanung liegt, bezogen auf den Wertstrom, in der Bildung von Segmenten die einen Teil des gesamten Unternehmens in Form einer „gleichen“ Produktionsstruktur repräsentieren. Hierzu können die horizontale Segmentierung, welche sich an den Merkmalen der erforderlichen Ressourcen orientiert, oder die vertikale Segmentierung, welche sich an Produktmerkmalen und den Produktionsabläufen orientiert, unterschieden werden.⁵¹

Die Strukturierung nach Ressourcen erscheint als sinnvoll, wenn die Produktionsabfolge sekundär ist und eine Bündelung von Kompetenzen angestrebt werden soll oder dies aus technologischen oder organisatorischen Gründen notwendig ist. Typisches Modell für diese Art der Strukturierung ist die Werkstättenfertigung, welche nach der Art der Betriebsmittel oder der Qualifikationen der Mitarbeiter, sprich ressourcenorientiert, strukturiert ist. Die Bündelung von Kompetenzen ist das wesentlichste positive Merkmal, wobei die Anzahl der Schnitt- und Übergabestellen dem gegenübersteht.

Bei der Strukturierung nach Produktfamilien wird die Produktion bzw. Fabrik vertikal segmentiert, so dass alle für ein Produkt benötigten Prozesse in einem Segment vereinigt werden. Die Orientierung der Produktfamilien kann sowohl ablauf-, als auch merkmalsorientiert sein, wobei die wertstromgerechte Orientierung stets beide Aspekte vereinheitlicht.

Ziel der Produktionsstrukturierung ist somit die optimale, produktorientierte Segmentierung mit klar erkennbaren Materialflüssen und transparent strukturierten Shop-Floor. Schnittstellen, welche immer einen „Graubereich“ darstellen, sind zu minimieren, dadurch können u.a. Produktverantwortungen eindeutig zugeordnet werden. Qualitäts-, Wirtschaftlichkeitsziele etc. werden zuordenbar und somit überprüfbar. Schwierig hingegen gestaltet sich die Konzentration auf die technologischen Kompetenzen und Fähigkeiten.⁵²

Kapazitätsdimensionierung (Gestaltung der Produktionsprozesse)

Die Gestaltung der Produktionsprozesse erfolgt nach der Segmentierung der Fabrik. Die Kapazitätsdimensionierung ist insbesondere bei Fertigungsprozessen von herausragender Bedeutung, da die Auslastung der Prozesse von der Kapazitätseinstellung abhängig ist (Über-/Unterproduktion). Bei der Neugestaltung der Produktionsprozesse sind die Prinzipien der Fließfertigung einzuarbeiten. Um die Auslastung entsprechend zu nivellieren ist es oftmals notwendig mehrere Betriebsmittel oder Prozessschritte zusammenzufassen um sich so an den Kundentakt anzunähern.

⁵¹ Vgl. (Lerchner, Egger, & Reinbert, 1999, S. 389-390).

⁵² Vgl. (Erlach, 2007, S. 114-117).

In jedem Segment werden für jeden Prozessschritt die eingesetzten Betriebsmittel dargestellt und entsprechend des Kundentaktes ausgelegt und genutzt. Rüstvorgänge, Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten sind bei der Auslagerung entsprechend zu berücksichtigen, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Verkürzung von Rüstzeiten und der maximalen Verfügbarkeit, sowie Zuverlässigkeit der Betriebsmittel gelegt wird. Durch die mitunter eklatanten Veränderungen im Produktionsprozess kann es zu starken Veränderungen der benötigten Betriebsmittel kommen, dies kann durchaus Investitionen zur Folge haben.

Insbesondere bei der Variantenfertigung erfordert die Kapazitätsauslegung einen höheren Aufwand. Um die Berechnung zu vereinfachen werden meist Durchschnittswerte angenommen und in das entsprechende Modell eingefügt. Das Ergebnis der Kapazitätsdimensionierung ist die Auslastung knapp unterhalb des Kundentaktes. Sollte kurz- oder mittelfristig eine Erhöhung der Bedarfsmengen erwartet werden, so kann dies im Kundentakt berücksichtigt werden.

Im nächsten Schritt ist die Aufteilung der Wertschöpfung auf die entsprechenden Produktionsprozesse mit den Dimensionierungen der Betriebsmittel abzugleichen. Das Ideal der Produktion vereint die Vorteile der industriellen Arbeitsteilung mit jener der handwerklichen Einzelfertigung, so dass durch die Strukturierung der Arbeitsaufgaben und der Spezialisierung der Arbeitsmittel und Arbeitskräfte ein Optimum an Produktivität erreicht werden kann. Die Arbeitsplätze sind nachfolgend nach dem Flussprinzip räumlich anzuordnen, so dass ein kontinuierliches Abarbeiten der Aufträge möglich wird (vgl. Gestaltungsrichtlinie 2). Als optimal wird hierbei „One-Piece-Flow“ angesehen, dieser Begriff beschreibt die kontinuierliche Bearbeitung von Werkstücken ohne die Notwendigkeit von Lager- oder Stillstandszeiten. In dieser Optimal-Betrachtung entspricht die Bearbeitungszeit gleich der Durchlaufzeit, welche sich hierbei minimal zeigt.⁵³

Zwischenlager zeigen sich als obsolet, so kann das im Unternehmen gebunden Umlaufkapital verringert werden, bei gleichzeitiger Erhöhung der Kapitalumschlagshäufigkeit. Insbesondere im Montagebereich kann die Flächenproduktivität durch die nicht mehr benötigten Lagerflächen gesteigert werden. Zudem entfallen sowohl die Transport- und Lagerkosten als auch die Kosten für Ein- und Auslagerungsvorgänge.

Da die Fließfertigung im Prinzip eine Einzelfertigung ist, stellt eine Anpassung an den exakten Kundenbedarf in Bezug auf die in Auftrag vorgegebenen Varianten keinerlei Schwierigkeiten dar. Diese maximale Anpassung an die Kundenbedürfnisse setzt die weitgehende Vermeidung von Rüstzeiten bzw. größtmögliche Minimierung dieser Zeiten voraus. Lassen sich Rüstzeiten nicht entsprechend reduzieren so steht alternativ eine Losfertigung mit entsprechender Überlappung als Prinzip zur Verfügung, hierbei bleiben die wesentlichen Vorteile der Fließfertigung erhalten, jedoch ohne die Flexibilität in Bezug auf die Reihenfolgebildung. Eine beliebige Produktionsreihenfolge ist zudem nur sinnvoll, wenn gewährleistet ist, dass keine variantenabhängige Spreizung der Bearbeitungszeiten existiert.

Für die Zuordnung von Produkten zu einer Produktfamilie hat sich in der Praxis ein Schwanungskorridor mit einer maximalen Spreizung von etwa 30 % als machbar gezeigt. Produkte die sich außerhalb des Korridors befinden sollten einer anderen oder eigenen Produktgruppe zugeordnet werden. Prinzipiell ist es auch möglich, neben der variantengesteuerten Mitarbeiterzahl im Prozess unterschiedlich starke Ausprägungen von Reihenfolgerestriktionen aufzustellen um so eine optimierte Abfolge von Varianten zu definieren. Je größer die variantenabhängigen Bearbeitungszeiten sind, desto schwieriger wird die Taktabstimmung, sollte dies der Fall sein, so ist dieser Prozess nicht nach dem FIFO Prinzip zu verknüpfen,

⁵³ Vgl. (Erlach, 2007, S. 129-134), Vgl. auch (Schulte, 2005, S. 399 ff.).

sondern etwa durch die Verwendung einer Kanban-Verknüpfung in den Wertstrom zu integrieren.

Die Qualität der Produktion wird, ebenso wie die Durchlaufzeit, positiv durch das Flussprinzip beeinflusst. Entsteht in der Losfertigung ein Fehler so wird dieser erst oft spät im Prozess bemerkt, dies erfordert dann eine Nacharbeit oder Neuproduktion der Teile in meist hoher Stückzahl. Im Flussprinzip wird das Teil unmittelbar an den nächstfolgenden Prozess weitergeleitet, so dass im Fehlerfall nur eine minimale Menge an fehlerhafte Teile produziert wird, außerdem ist sichergestellt, dass die Ursache ausfindig gemacht werden kann und sich nicht in etwaigen Beständen versteckt.

Störungen im Prozessablauf werden ebenso wie Qualitätsprobleme, sofort signifikant, so dass diese unmittelbar Auswirkungen zeigen die behoben werden müssen. Die Produktion nach dem Fließprinzip erscheint riskanter zu sein, da etwaige Störungen nicht abgefangen werden können. Im Umkehrschluss aber sind auch wesentlich kleineren Bestände vorhanden, die Fehler beinhalten können. Wesentlicher Vorteil der (kontinuierlichen) Fließfertigung ist die Transparenz der Produktion die eine Fehler-Ursachenfindung leicht macht und eine Optimierung des gesamten Wertstromes erlaubt.⁵⁴

Einschränkungen bei der Einführung der durchgängigen Fließfertigung sind meist technologischer Natur, deren Beseitigung prinzipiell meist möglich, aber wirtschaftlich oftmals nicht tragbar ist. Im Falle von bestehenden Gebäulichkeiten ist die räumliche Anordnung vorgegeben, eine Neuplanung auf der „grünen Wiese“ hat hierbei wesentliche Vorteile. Oftmals stellen die Dimensionen der Anlagen (Abmessungen, Gewicht etc.), die Umweltbedingungen oder die generellen Anforderungen gegen eine Integration in den direkten Materialfluss.

Ressourcen, welche für das Fließprinzip zu hohe Rüstzeiten aufweisen, erfordern, um wirtschaftlich zu sein, meist die Fertigung in Losgrößen, dies wiederum entspricht nicht dem direkten Fließprinzip. Ebenso wie die Ressourcen mit hohen Rüstzeiten, zeigen sich Ressourcen mit geringer Zuverlässigkeit wenig geeignet für die direkte Integration in den kontinuierlichen Wertstrom.

Problematisch ist auch die Abstimmung des Taktes wenn die jeweiligen Prozesse sehr unterschiedliche Bearbeitungszeiten aufweisen und auch nicht nivelliert werden können. Dieses Faktum wird insbesondere bei der Fertigung von Varianten verstärkt, wenn diese bspw. unterschiedliche Prozesszeiten oder gar Prozesse aufweisen.

Die meist bezeichneten Hindernisse, welche der Einführung der schlanken „verschwendungsfreien“ Fertigung bzw. Produktion gegenüber stehen, sind die im Unternehmen gewachsenen Strukturen und die gewohnten Auslegungen der eingesetzten Betriebsmittel.⁵⁵

Produktionssteuerung (Gestaltung des Materialflusses)

Die Steuerung der Produktion bzw. die Gestaltung des Materialflusses eines Wertstroms wird im Anschluss an die technologische Ausgestaltung nach bestimmten Steuerungsprinzipien festgelegt. Ein ausgeglichener Materialfluss vom Wareneingang bis zum Versand ist die primäre Zielsetzung der Produktionssteuerung. Im Prinzip zeigen sich drei Gestaltungsrichtlinien für diese Zielsetzung als geeignet, so kann das Prinzip der festen Auftragsreihenfolge (FIFO-Verkoppelung), kurze Durchlaufzeiten durch geringen Bestände (Kanban-Regelung)

⁵⁴ Vgl. (Erlach, 2007, S. 135-138).

⁵⁵ Vgl. (Erlach, 2007, S. 147-149).

oder die Einteuerung der Aufträge an einem Punkt im Wertstrom (Schrittmacher-Prozess) Anwendung finden.

Die direkte Verkoppelung von Produktionsprozessen, welche in der dritten Gestaltungsrichtlinie Anwendung findet ist dem „Optimum“ des Materialflusses, dem „One-Piece-Flow“, am nächsten. Wesentliches Kriterium dieses Prinzips ist die fixe Reihenfolge der Aufträge, die nicht verändert werden darf d.h., dass keine Überholmanöver oder Rückstellungen von Aufträgen existieren.

In der Lean-Management Literatur wird diese Art der Verkoppelung auch als *Sequential Pull* bezeichnet. Mit dieser Bezeichnung soll die Kundenanforderung, das Ziehen des Auftrages, betont werden, welches sich gegensätzlich zu den prognosebasierten Push-Systemen zeigt. Aufeinanderfolgende Produktionsprozesse, welche nicht direkt in die Fließfertigung zu integrieren möglich sind, sind soweit als möglich im Prinzip der Reihenfertigung mit Bestandsobergrenzen zu verkoppeln. Durch die Festlegung der Bestandsobergrenzen werden die Bestände gering gehalten, eine Überproduktion vermieden und die Durchlaufzeiten im kalkulierbaren Rahmen gehalten. Die Nachproduktion wird erst nach Kundenentnahme am Ende der Prozesskette ausgelöst. Zu beachten ist, dass es sich aus Materialflusssicht um eine Pull-Produktion handelt, da die Zwischenprodukte von Prozess zu Prozess „weitergeschoben“ werden.⁵⁶

Im einfachsten Fall dient die FIFO-Verkoppelung zur Überbrückung von räumlichen Distanzen zwischen den Produktionsprozessen, die bspw. aus technischen Gründen nicht direkt nebeneinander angeordnet werden können. Eine weitere Funktion die diese Art der Verkoppelung übernehmen kann ist jene der Pufferung. Bei Taktabstimmungsproblemen können relativ zueinander schwankende Taktabweichungen zwischen den Prozessen ausgeglichen werden. Um eine hinreichende Pufferwirkung zu erzielen muss die FIFO-Bahn über eine entsprechende „Länge“ verfügen in welchem der Puffer auf- und wieder abgebaut wird. Die Mindestlänge bzw. minimale Bestandsobergrenze, welche als $ConWIP_{min}$ (Constant Work in Process) Bezeichnung findet, ergibt sich aus dem Quotienten des Kundentaktes, verringert um die maximale Zykluszeit zum Kundentakt, multipliziert mit der angestrebten Losgröße.

$$ConWIP_{min} = \frac{ZZ_{max} - KT}{KT} \cdot LG$$

$ConWIP_{min}$	min. Bestandsobergrenze [Stk.];
ZZ_{max}	Zykluszeit [Zeiteinheit];
KT	Kundentakt [Stk./Zeiteinheit];
LG	Losgröße [Stk.];

Formel 11: Berechnung der min. Bestandsobergrenze

Die Funktion kann sowohl als Rüstzeitpuffer Rüstzeiten ausgleichen, als auch als Störungspuffer störungsbedingte Ausfälle abfedern. Außerdem ermöglicht die FIFO-Verkoppelung eine Bildung von Chargen im Nachfolgeprozess. So werden vor dem jeweiligen Prozess die Teile zu bestimmten Chargen- oder Losgrößen angesammelt. Diese Art der Fertigung ist, bspw. bei Beschichtungsprozessen oder Wärmebehandlungen, also bei Prozessen bei denen mehrerer Teile gleichzeitig behandelt werden und die zudem oftmals lange Prozesszeiten haben, als wirtschaftliche Lösung anzusehen.

Die An- bzw. Einbindung von Lieferanten kann ebenfalls über die FIFO-Bahn als *Just in Sequence* realisiert werden. In der zeichnerischen Darstellung der JIS-Bahn wird die Symbolik gleich der FIFO-Bahn verwendet, nur der Text FIFO wird durch JIS ersetzt.

⁵⁶ Vgl. (Linker & Meier, 2009, S. 142-145).

Weiters ermöglicht diese Art der Prozessverkoppelung eine Verzweigung oder Zusammenführung des Wertstroms. So können Produktvarianten Prozesse überspringen oder alternative Prozesse belegen und nachfolgend wieder in den Gesamtstrom eingegliedert werden, wobei darauf zu achten ist, dass die Auslastung von Haupt- und Nebenfluss möglichst gleichmäßig gestaltet wird (richtiger Variantenmix).⁵⁷

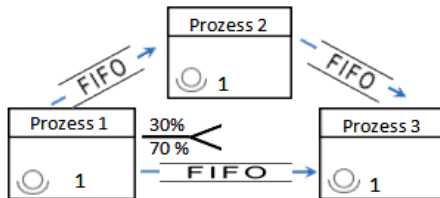


Abbildung 10: FIFO, überspringen von Prozessen⁵⁸

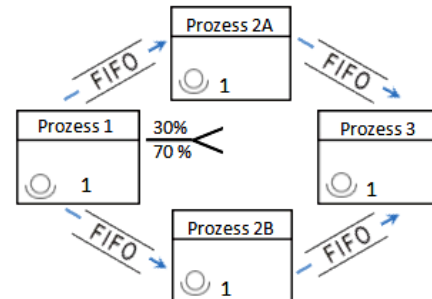


Abbildung 11: FIFO, alternative Prozesse⁵⁹

Eine weitere Möglichkeit dieser Steuerungsart ist die Vereinigung und Synchronisation zweier Wertströme, so können bspw. bearbeitete Teile aus mehreren Quellen zu einer Baugruppe vereinigt werden. Der vorgelagerte (Haupt-)Prozess wird über ein ConWIP-Signal gleich der FIFO-Funktionslogik gesteuert (siehe Gestaltungsrichtlinie 3). Die Nebenprozesse werden abhängig von Hauptprozess über ein getriggertes Signal (oftmals als Golfball-Signal bezeichnet) gesteuert, somit kann auch in verzweigten Wertströmen die Freigabe der Aufträge mit nur einem auslösenden Signal erfolgen.

Die Kanban-Regelung regelt auf einfache Art und Weise die Nachproduktion von Wiederholteilen oder Produkten gemäß dem Verbrauch und sorgt so für geringe Lagerbestände und einer rel. hohen Produktionsflexibilität. Die Produktion bzw. der Materialfluss wird hierbei nicht von „außen“ gesteuert, sondern über einen definierten Regelmechanismus zwischen den Prozessen organisiert. Der Begriff Kanban entstammt dem japanischen Toyota-Produktionssystem und bedeutet „Karte“ bzw. „Schild“. Die wichtigsten Elemente sind zum einen selbststeuernde Regelkreise zwischen den erzeugenden und verbrauchenden Prozessen, zum anderen der flexible Einsatz von Personal und Betriebsmitteln, sowie die Übertragung kurzfristiger Steuerungsfunktionen an die ausführenden Mitarbeiter.

Die Verknüpfung zweier Produktionsprozesse baut, wie bereits angedeutet, auf eine unternehmensinterne Kunden - Lieferanten Beziehung mit einem Supermarktlager zwischen den jeweiligen Prozessen. Die Entnahme des Kundenprozesses (Senke) löst die Nachproduktion beim Lieferantenprozess (Quelle) aus, wobei sich i.d.R. die Entnahme- bzw. Produktionsmenge an Gebindegrößen der Kanban-Menge orientiert. Wichtig ist, dass diese Menge entsprechend definiert ist. Der Lieferprozess ist für die Verfügbarkeit der Teile im Supermarktlager verantwortlich und muss sicherstellen, dass die vereinbarte Menge termingetreu bereitsteht. Um einen reibungslosen Ablauf gewährleisten zu können sind wesentliche organisatorische Restriktionen einzuhalten. Der Verbraucher darf weder vorzeitig noch mehr Material dem Supermarkt entnehmen als vereinbart, dem gegenüber steht der Lieferant der die genaue Stückzahl in der entsprechenden Qualität abzugeben hat.⁶⁰

⁵⁷ Vgl. (Erlach, 2007, S. 156-166).

⁵⁸ Eigene Darstellung, in starker Anlehnung an (Erlach, 2007, S. 165).

⁵⁹ Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Erlach, 2007, S. 165).

⁶⁰ Vgl. (Schulte, 2005, S. 423-427); Vgl. auch (Rother & Shook, 2006, S. 42 f.).

Dem Prinzip nach gibt es drei zu unterscheidende Arten der Regelung. Die einfachste Form wird als *Produktions-Kanban* bezeichnet und entspricht dem Prinzip eines Supermarkts (Lieferant befüllt das Regal). Der zugehörige *Entnahme-Kanban* ist der Transportauslöser vom Supermarkt zum Kundenprozess und kann als eine Art Einkaufsliste, die dem Kunden die Entnahme aus dem Regal erlaubt, betrachtet werden. Diese Art der Kanban-Regelung erlaubt die Entkoppelung von Produktionsprozessen mit kleinen Losgrößen. Im Supermarktlager sind alle Varianten vorrätig und werden vom Kundenprozess i.d.R. in Losen entnommen.⁶¹

Die Auslegung des Kanban-Systems ist einfach zu berechnen, wobei die Ermittlung der Parameter oftmals mit Schwierigkeiten verbunden ist. So setzt sich der Supermarktbestand aus der Summe von Umlaufbestand, Pufferbestand und Sicherheitsbestand zusammen.

$$B_{\max} = WIP \cdot PB \cdot SB$$

Formel 12: Berechnung des max. Supermarktbestandes

B_{\max}	maximaler Supermarktbestand [Stk.];
WIP	Work in Process = Umlaufbestand [Stk.];
PB	Pufferbestand [Stk.];
AZ	Sicherheitsbestand [Stk.];

Der *Umlaufbestand* deckt den Durchschnittsverbrauch während der Wiederbeschaffung bzw. Nachproduktion ab und zeigt sich als das Produkt von Wiederbeschaffungszeit und durchschnittlichen Tagesbedarf. Die Faktoren Wiederbeschaffungszeit, durchschnittlicher Tagesverbrauch, verfügbare Arbeitszeit, Anzahl der benötigten Teile je Produkt und dem Kundentakt sind zu berücksichtigen.

$$WIP = WBZ \cdot \left(\frac{AZ}{KT} \right)$$

WIP	Work in Process = Umlaufbestand [Stk.];
WBZ	Wiederbeschaffungszeit [Zeiteinheit];
AZ	Arbeitszeit [Zeiteinheit];
KT	Kundentakt [Zeiteinheit/Stk.];

Formel 13: Berechnung des Umlaufbestandes

Der Pufferbestand dient zum Ausgleich von Bedarfsschwankungen, insbesondere die der Nachfolgeprozesse. Der Sicherheitsbestand ist jener Bestand an Teilen der unvorhersehbare Ereignisse, wie bspw. plötzlich auftretenden Qualitätsprobleme, abfedern soll.

Der Signal-Kanban ermöglicht die Einbindung von Produktionsprozessen mit unterschiedlichen und langen Rüstzeiten. Bei Unterschreiten einer festgelegten Vorratsmenge (Bestellpunkt) wird die Nachproduktion in der festgelegten, fixen Menge ausgelöst. Zu beachten ist, dass dieses System weitgehend gleiche (minimale) Rüstzeiten voraussetzt, da eine sehr hohe Variantenflexibilität notwendig ist. Ein Maß für die Variantenflexibilität zeigt sich im EPI-Wert, der auf der vollständigen Nutzung der betrachteten Ressourcen bei Produktion der minimal möglichen Losmengen basiert.

Die dritte Form ist der *Lieferanten-Kanban*, welcher sich für die Einbindung der aufwandsarmen Beschaffung von Norm- und Kleinteilen (C-Teilemanagement) eignet. Lieferanten werden in kooperativer Form in den Produktionsprozess eingebunden und sorgen so für eine kontinuierliche, gleichmäßige Versorgung von Teilen. Diese Form der Zusammenarbeit wird auch als „verlängerte Werkbank“ bezeichnet.

Von zentraler Bedeutung für einen effektiven Produktionsfluss eines schlanken Produktionssystems ist die effiziente Steuerung des Produktionsprozesses. Die fünfte Gestaltungsrichtlinie des Wertstromdesigns fordert die widerspruchsfreie, eindeutige Steuerung an ei-

⁶¹ Vgl. (Erlach, 2007, S. 194).

nem Punkt im Produktionsprozess, dem Schrittmacherprozess und der Ausrichtung am Kundentakt. Als Schrittmacher wird jener Prozess bezeichnet, welcher den Produktionsrhythmus für alle anderen Prozesse vorgibt, dieser Taktgeber orientiert sich in besonderem Maße am Kundentakt.

Zusammenfassend zeigt die Kanban-Regelung ihr Einsatzgebiet in der Reihen- bzw. Losfertigung bei gleichmäßig hohem Bedarf bei einer überschaubarer Anzahl von Varianten. Die Begründung der Losfertigung liegt meist in langen Rüstzeiten oder stark differierenden Prozesszeiten. Im Unterschied zur FIFO Verkoppelung führen etwaige Qualitätsmängel an Einzelteilen zu keiner Störung des gesamten Produktionsprozesses, da die prinzipielle Austauschbarkeit innerhalb des Supermarktlagers besteht.

Schwierig zeigen sich stark schwankende Bedarfe und eine hohe Anzahl an Varianten, da jede Abweichung vom Ideal im „Lagerbestand“ berücksichtigt sein muss. Bei hoher Variantenzahl ist somit ein großes Variantenlager notwendig und bei schwankenden Bedarfszahlen verändern sich die Reichweiten ständig.

Produktionsplanung (Gestaltung des Informationsflusses)

Als zentrale Zielsetzung der Produktionsplanung, in Hinsicht auf das Wertstromdesign, gilt die möglichst gleichmäßige Belastung der Produktion zur Erzeugung eines kontinuierlichen Wertstroms. Besonders wichtig ist die Bildung einheitlicher Produktionsaufträge, die getaktet, in gleichmäßigen Rhythmen freigegeben werden. Berücksichtigung findet der Mix von Varianten, der kontinuierliche Bedarf an Teilen und Kapazitäten und anderer Restriktionen des Produktionsprozesses.

Die gleichmäßige Verteilung wird durch die Produktionsnivellierung erreicht. Das Arbeitsvolumen sollte am Schrittmacherprozess in entsprechenden Rhythmen mit genau definierten Größen freigegeben werden. Die Glättung des Produktionsvolumens wird hierbei nicht, wie konventionell durch die Variation von Losgrößen und unterschiedlichen Zeitabständen erreicht, diese variablen Parameter werden in Konstante konvertiert, so dass sich gleiche Einheiten in gleichen Intervallen bilden. Der Planungs- bzw. Steuerungshorizont wird durch die Freigabeeinheit, die am Schrittmacherprozess festgemacht ist, definiert. Bezeichnet wird diese gleichmäßig große Freigabeeinheit als „Pitch“, dieser soll ein ganzzahliges, vielfaches des Kundetaktes betragen und i.d.R. möglichst klein angesetzt werden. Die Dimensionierung des Pitch ist ausschlaggebender Faktor der Flexibilität des gesamten Wertstroms. Um den Steuerungs- und Planungsaufwand in Grenzen zu halten und mehr als nur ein Produkt in den Wertstrom einbeziehen zu können sollte der Wert nicht zu gering sein. Eine zu große Dimensionierung hingegen hat zur Folge, dass der Shop-Floor durch Materialanhäufungen unübersichtlich wird, das wiederum ist ein deutliches Anzeichen für Verschwendung die es primär zu eliminieren bzw. zu vermindern gilt. Weitere Folgen einer zu hoch angesetzten Pitch-Einheit liegen in der Erhöhung der Durchlaufzeiten; dies hat zur Folge, dass das gebundene Kapital steigt (Lagerbestand) und die Flexibilität der Produktion sinkt.

Die einfachste Form der Auslegung des Pitch-Intervalls kann durch die Multiplikation von Kundentakt und Gebindemenge erfolgen.⁶²

$$Pitch = KT \cdot GM$$

Pitch	Taktzeit [Stk. x Zeiteinheit];
GM	Gebindemenge [Zeiteinheit];
KT	Kundentakt [Zeiteinheit/Stk.];

Formel 14: Berechnung des Pitch-Intervalls

Oftmals wird der Schrittmacherprozess etwas leistungsfähiger, als durch den durchschnittlichen Kundentakt gefordert ausgelegt, in diesem Fall wird der Pitch-Intervall auf Basis der Zykluszeit des Schrittmacherprozesses berechnet. Bei der Auslegung wird aufgrund der Praktikabilität im Generellen mit ganzzahligen, aufgerundeten Werten gerechnet.

Eine weitere Aufgabe der Produktionsplanung ist die Festlegung der Auftragsreihenfolge da i.d.R. mehr als eine Variante eines Produktes erzeugt werden. Die Reihung der Pitch-Intervalle verkörpert in erster Linie die Festlegung der Abfolge der verschiedenen Produktvarianten. Ein Pitch entspricht einer Losgröße von Varianten am Schrittmacherprozess die exakt einzuhalten ist. Die Variante ist nach jedem Pitch abzuändern, so dass sich eine gute Durchmischung der Produktvarianten ergibt und um die Flexibilität der Produktion größt möglich zu halten. Eine Sammlung von Varianten zur Vergrößerung der Losmenge, um bspw. Skaleneffekte zu nutzen, ist hierbei nicht zulässig.⁶³

In Unternehmen bestehen meist Einschränkungen bezüglich der verfügbaren kapazitiven Ressourcen. Diese Restriktionen sind, soweit diese nicht aufgehoben werden können, in der Produktionsplanung zu berücksichtigen. Die Freigabe der Produktionsaufträge ist abhängig von den Nachfolgeprozessen und ist entsprechend zu gestalten. Zwingend ist die Orientierung am Engpass (Prozess mit der geringsten Leistungsfähigkeit), da jener als „Flaschenhals“ in der Produktion für Stauungen im Wertstrom verantwortlich ist. Ist die Restriktion nicht mit dem Schrittmacherprozess ident, so liegt ein Engpass im Produktionssystem vor, diese muss durch die Engpasssteuerung entsprechend berücksichtigt werden, ist diese ident so sind keine weiteren Maßnahmen notwendig.

Oftmals kommen zu den kapazitiven Restriktionen, insbesondere am Engpass, noch Restriktionen der Reihenfolge hinzu, welche bspw. die rüstoptimierte Reihenfolgen von Varianten oder notwendige Losgrößenbildungen, die flussabwärts liegen, berücksichtigen müssen.⁶⁴

Ziel der schlanken Produktionsplanung ist die einfache Steuerung und der möglichst gleichmäßigen Aufbereitung des Kundenbedarfs für die Produktion. Einheitliche Produktionseinheiten, geeignete Durchmischungen von Varianten und gleichmäßige Rhythmen der Auftragsfreigaben sorgen für einen gleichmäßigen Produktionsstrom im Unternehmen. Die logistischen Verknüpfungen der Prozesse untereinander und die Berücksichtigung von technologischen und organisatorischen Restriktionen zählen zu den primären Aufgabenstellungen.

⁶² Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 47), vgl. auch (Erlach, 2007, S. 206-209).

⁶³ Vgl. (Erlach, 2007, S. 211 f.), vgl. auch (Rother & Shook, 2006, S. 47-49).

⁶⁴ Vgl. (Erlach, 2007, S. 220-224).

2.3.2) Zielsetzung - Gestaltungsrichtlinien

Die Zielsetzung des Wertstromdesigns zielt auf die systematische Beseitigung von nicht werthaltigen Arbeitselementen ab. Für die Schaffung und Bewertung eines optimalen Wertstroms gibt es mehr oder weniger bekannte Gestaltungsrichtlinien. Wichtig sind die Ausrichtung am Kundentakt und die prinzipielle Ausrichtung der Produktion auf „One-Piece-Flow“. Die Verknüpfung der einzelnen Prozesse sollte weitgehend mittels „First In - First Out“-Bahnen bewerkstelligt sein, um Lager so weit als möglich zu vermeiden. Sollten dennoch Lagerstellen erforderlich sein, so ist die Anwendung von (steuerungsfreien) Kanban-Lager zu präferieren. Sowohl die widerspruchsfreie Einsteuerung von Aufträgen am Schrittmacherprozess, als auch die Taktung der Produktion durch die Festlegung des Pitch bzw. Pitch-Intervalls gelten als essenziell für einen schlanken, von Verschwendung minimierten Produktionsprozess. Wichtig ist auch die Festlegung der Reihenfolge der eingesteuerten Aufträge, so erlaubt ein gut abgestimmter Produktmix dem Unternehmen flexibel auf Kundenanforderungen zu reagieren. Die Berücksichtigung von kapazitiven Engpässen und ggf. von Restriktionen der Nachfolgeprozesse ermöglichen einen kontinuierlichen Wertstrom ohne Überproduktion oder Wartezeiten. Ein flussorientiertes Fabriklayout in dem die Betriebsmittel möglichst entsprechend des Wertstromflusses angeordnet sind trägt ebenso wie die räumliche Trennung von wertschöpfenden, unterstützenden und logistischen Tätigkeiten zur Gesamtoptimierung des Wertstroms bei. Nach Klaus Erlach sind zur der Optimierung des Wertstroms elf Gestaltungsrichtlinien ausschlaggebend, welche dem Wertstrommanager als eine Art Leitfaden zur Optimierung des gesamten Wertstroms zu Verfügung stehen, diese werden nachfolgend kurz dargestellt.

Gestaltungsrichtlinie 1: Ausrichtung am Kundentakt

Wie in den vorhergehenden Kapiteln bereits erwähnt, zeigt diese Richtlinie die durchgängige Ausrichtung des Kapazitätsangebotes am Kundentakt. Der Kundentakt selbst definiert sich als Quotient aus verfügbarer Betriebszeit zum Kundenbedarf.⁶⁵

Gestaltungsrichtlinie 2: One-Piece-Flow

Die zweite, sehr wichtige Richtlinie beinhaltet die Ausrichtung und Zusammenfassung der Produktionsprozesse zu einer kontinuierlichen Fließfertigung. Im Idealfall wird auf Kundenbedarf die Fertigung begonnen und ohne Unterbrechung an den jeweiligen Prozessen das Endprodukt hergestellt, so dass sich die Durchlaufzeit auf ein Minimum verkürzt und etwaige Lagerbestände obsolet werden. Die reine Fließfertigung entspricht der Einzelfertigung und hat daher die maximale Variabilität in Bezug auf die zu fertigenden Produkte. Qualitätsprobleme und Prozessunsicherheiten werden sofort signifikant und müssen entsprechend rasch beseitigt werden, da keine Lager existieren, welche die Problematik abschwächen oder ausgleichen könnten. Dieser tendenziell negativen Eigenschaft der Fließfertigung steht die Transparenz von Problemen gegenüber, welche für den kontinuierlichen Wertstrom unerlässlich ist.⁶⁶

⁶⁵ (Erlach, 2007, S. 100), Vgl. auch (Rother & Shook, 2006, S. 40).

⁶⁶ (Rother & Shook, 2006, S. 41), Vgl. auch (Erlach, 2007, S. 133 ff.).

Gestaltungsrichtlinie 3: FIFO-Verkoppelung.

FIFO

Die Anwendung der reinen „One-Piece-Flow-Regel“ ist oftmals durch technologische oder organisatorische Restriktionen nicht zielführend (z.B. bei im Herstellungsprozess auftretenden Rüstzeiten etc.) sollte die Verkoppelung von Produktionsprozessen nach der First in – First out Logik erfolgen. Die Aufträge werden hierbei in festgelegter Reihenfolge durch die Produktion geschoben. Diese Art der Los- bzw. Reihenfertigung erlaubt die Ansammlung von Teilen, in definierten Grenzen, in Pufferlagern vor den jeweiligen Prozessen. Zum einen können unterschiedliche Prozesstaktzeiten, Ausfallzeiten oder Rüstzeiten berücksichtigt und ausgeglichen werden, zum anderen erlaubt die FIFO-Verkoppelung die Verzweigung oder Zusammenführung von unterschiedlichen Wertströmen.

Zur Auslösung des Produktionsstarts liefert der Nachfolgeprozess ein Freigabesignal nach Unterschreiten einer im Vorfeld definierten Entnahmemenge. Der Weg des Steuerimpulses wird in Form eines strichlierten Pfeiles eingezeichnet in dem das Signal als Kreis mit der Angabe der Stückzahl dargestellt wird. Die am Shop Floor befindlichen Teile sollen konstant in ihrer Stückzahl sein, daher wird oftmals das Akronym ConWIP verwendet das für „Constant Work in Process“ steht. Die Bestandsobergrenze wird als maximale Stückzahl im Kreissymbol eingetragen.⁶⁷

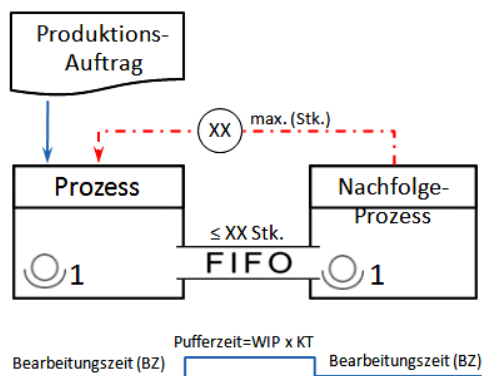
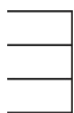


Abbildung 12: Funktionslogik der FIFO Verkoppelung⁶⁸

Gestaltungsrichtlinie 4: Kanban Regelung



Die Kanban-Regelung regelt im Wesentlichen die Nachproduktion von Teilen entsprechend des Kundenverbrauchs. Der Begriff selbst entspringt dem japanischen und kann als „Regelkarte“ übersetzt werden. Die stilisierte Darstellung eines Kanban-Lagers in der Wertstromskizze zeigt ein lieferantenseitig offenes Regal.

Oftmals ist, wie in der vorherig dargestellten Richtlinie, die kontinuierliche Fließfertigung nicht möglich, daher ist die Produktion in Losmengen erforderlich.



Die Kanban-Logik ist die einfachste Form der Losfertigung, sie verknüpft Produktionsprozesse mit einem internen Kunden-Lieferanten-Verhältnis. Werden aus dem „Supermarkt“ Teile entnommen so füllt der verknüpfte, interne Lieferant nach vorbestimmten Regeln das „Regal“ wieder auf. Da es sich um einen geschlossenen Regelkreis handelt bedarf es keiner externen, steuernden Eingriffe. Besonders sinnvoll ist die Anwendung dieser Regelung wenn kontinuierliche Entnahmen bei geringer Streuung gewährleistet sind.

⁶⁷ (Erlach, 2007, S. 156-167).

⁶⁸ Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Erlach, 2007, S. 158).



Die kontinuierliche Entnahme aus dem Kanban-Lager wird mit dem Entnahme-Symbol und dem Informationsfluss durch den Informationspfeil in der Wertstromdarstellung eingezeichnet.

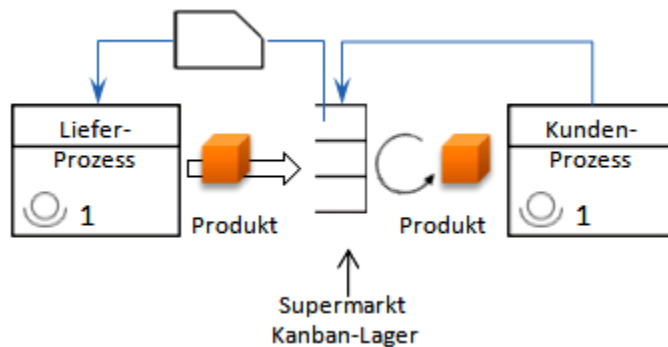


Abbildung 13: Supermarktsystem mit kontinuierlicher Entnahme⁶⁹



Einen steuernden Eingriff bietet die Verwendung des Signal-Kanbans, welcher die Nachproduktion signalisiert. Insbesondere bei schwankenden Verbräuchen bietet diese Möglichkeit eine einfache und effiziente Steuerung des Produktionssystems.

Der Entnahme-Kanban ist eine Art Einkaufsliste des Kundenprozesses welche befähigt die Anzahl der benötigten Produkte oder Teile zum benötigten Zeitpunkt aus dem Lager zu entnehmen. Der Produktions-Kanban hingegen induziert die Nachproduktion des entsprechenden Produkts oder der Teile mit denen das Supermarktlager wiederum aufgefüllt wird.⁷⁰

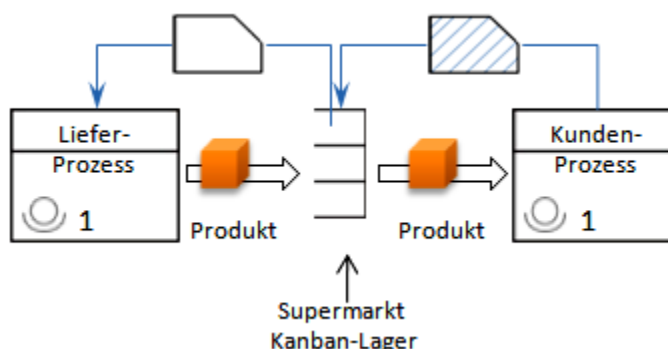


Abbildung 14: Supermarktsystem mit „Entnahme-“ und „Produktions-Kanban“⁷¹

Gestaltungsrichtlinie 5: Schrittmacher Prozess

Der Schrittmacherprozess ist von essenzieller Bedeutung für den gesamten Wertstrom. Für den Gesamt Ablauf eines jeden hergestellten Produktes existiert nur genau ein Einsteuereungspunkt, an dem die Produktionsplanung die Kundenaufträge einsteuert. Dieser Punkt trennt die Kundenneutralen- von der Kundenauftragsfertigung, die Steuerung und Regelung der Nachfolge- oder Vorgängerprozesse wird über entsprechenden Verkopplungsprinzipien von hieraus definiert. Die Vorprozesse können über Kanban-Regelkreise verknüpft sein, wobei bei Nachfolgeprozessen nur mehr FIFO-Verknüpfungen erlaubt sind. Der Schrittmacher-Prozess übernimmt den Kundenbedarf und muss daher am Kundentakt ausgerichtet

⁶⁹ Eigene Darstellung.

⁷⁰ Vgl. (Erlach, 2007, S. 168-194), Vgl. auch (Rother & Shook, 2006, S. 42-44).

⁷¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an (Rother & Shook, 2006, S. 42).

sein. Liegt der Schrittmacherprozess im Wertstrom relativ weit flussaufwärts, so dass auch Teillieferungen kundenzugeordnet sind, so wird von Make-to-Order andernfalls von Assembly-to-Order gesprochen.

Bei strikter Anwendung der Gestaltungsrichtlinien zur Fließfertigung, FIFO-Verknüpfung und Kanban-Regelung ist die Position des Schrittmacherprozesses eindeutig definiert. Dies ist der erste Prozess, welcher bei flussabwärts Betrachtung nicht in größeren Losen gefertigt werden muss, d.h. der Prozess liegt so weit als möglich flussaufwärts, so dass ein Maximum an Teilen kundenzuordenbar ist. Die frühe Zuordnung an den Kundenbedarf ermöglicht eine hohe Varianz der Produkteigenschaften entsprechend den differenten Kundenwünschen.

Der Versandprozess kann nicht als Schrittmacherprozess fungieren, da Bedarfsschwankungen und Restriktionen der Versandlogistik abgefangen werden müssen.

Die Anwendung der ersten fünf Gestaltungsrichtlinien beeinflusst in wesentlichem Maße die Produktionsdurchlaufzeit.⁷²

Gestaltungsrichtlinie 6: Festlegung des Pitch

Der Begriff Pitch entstammt dem Toyota-Produktionssystem (TPS) und ist Synonym für ein gleichmäßiges Arbeitsinkrement. Oftmals wird der Pitch als Herzschlag bzw. Rhythmusgeber eines schlanken Produktionssystems, ausgerichtet am Schrittmacherprozess, bezeichnet, dem eine gleichmäßig bzw. ausgeglichen eingestellte Produktion hinterlegt sein sollte. Durch die Gleichmäßigkeit können Probleme frühzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen rechtzeitig eingeleitet werden. Die Flexibilität des Produktionssystems kann mit dem Pitch-Intervall entscheidend beeinflusst werden. Der Pitch ist an den Kundentakt gebunden und sollte ein Vielfaches desjenigen betragen, wobei der Rhythmus weder zu klein noch zu groß gewählt werden soll. Generell gilt, dass die Freigabe von Produktionsaufträgen in kleinen, einheitlich dimensionierten Einheitenfolgen (Pitch) zur gleichmäßigen Produktionsauslastung geschehen soll. Oftmals wird der Pitch auch aus der Taktzeit und der Behältergröße berechnet, indem die Taktzeit mit der entsprechenden Behältergröße multipliziert wird.

$$\text{Pitch} = \text{Taktzeit} \cdot \text{Behältergröße}$$

Formel 15: alternative Berechnung des Pitch-Intervalls

Nach der Abarbeitung eines Pitch-Intervalls kann einfach ermittelt werden ob der Produktionsprozess reibungslos funktioniert oder ob sich Schwierigkeiten, Abweichungen oder Störungen ergeben haben.

Im Falle der kundenspezifischen Produktion ist es oftmals sinnvoll sich nicht an der Größe von Behältern oder Transportmitteln zu orientieren, sondern an Belegungseinheiten und/oder gegebenenfalls am Engpassprozess.⁷³

Gestaltungsrichtlinie 7: Produktionsmix-Ausgleich

OXOX

Diese Gestaltungsregel beinhaltet die Festlegung der Auftragsreihenfolge nach ausgeglichenen Pitch-Intervallen. Gültig wird die Richtlinie wenn mehr als eine Produktvariante herzustellen ist und die Produktionssaufträge nicht ident sind. Ein ausgeglichener Produkti-

⁷² (Erlach, 2007, S. 197-205), Vgl. auch (Rother & Shook, 2006, S. 45).

⁷³ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 47), Vgl. auch (Erlach, 2007, S. 206-211).

onsmix ist anzustreben und entsteht durch die Durchmischung der Varianten in der Reihenfolgeplanung. Zur Darstellung der Reihung bzw. der Durchmischung kann der Produktionsausgleichskasten, welcher im TPS als „Heijunka-Box“ bezeichnet wird verwendet werden. Änderungen innerhalb des Planungshorizonts sind im Generellen nicht erlaubt, der Zeitraum wird oftmals als „frozen-zone“ bezeichnet. In der Wertstromskizze wird der ausgeglichene Produktionsmix durch ein Rechteck mit „OXOX“ als Text eingezeichnet, wobei die Angabe des Planungshorizonts oftmals hilfreich sein kann.⁷⁴

Gestaltungsrichtlinie 8: Engpass-Steuerung



Zielsetzung der Engpasssteuerung ist die möglichst hohe Auslastung am Engpass, da jedes fehlende Zeitinkrement der gesamten Fertigung fehlt und somit ein Leerlauf den gesamten Wertstrom kurzzeitig stilllegt. I.d.R. ist das Kapazitätsangebot von Prozess zu Prozess unterschiedlich, so dass sich an einem, der im Wertstrom befindlichen Prozessen, ein Engpass zeigt.

Ist der Engpass mit dem Schrittmacherprozess ident, so sind keine weiteren Maßnahmen notwendig, andernfalls besteht die Notwendigkeit die Freigabe der Produktionsprozesse dem Engpass anzupassen. Durch die Anpassungen werden Stauungen oder Lehläufe im Wertstrom vermieden. Prinzipiell gibt es drei zu unterscheidende Fälle der Engpasssteuerung.

Im ersten Fall, dem Standardfall, ist der Engpass mit dem Schrittmacherprozess ident.

Im zweiten Fall, dem der Engpasssteuerung, welche auch als „Drum-Buffer-Rope-Steuerung“ bezeichnet wird, liegt der Engpass flussabwärts, so dass dieser bei der Auftragsfreigabe zu berücksichtigen ist.

Die Funktionsweise der Steuerung liegt in der Verwendung eines Triggersignals, das nach jedem Pitch dem Schrittmacherprozess die Freigabe zur Abarbeitung des nächsten Auftrages, der vorgegebenen Reihenfolge, erteilt. Dies kann über die Produktionssteuerung oder aber in einer direkten Verbindung zwischen Schrittmacher und Engpass gesteuert werden. Wichtig bei der Anwendung dieser Gestaltungsregel ist, dass die Prozesse zwischen Schrittmacher- und Engpassprozess durch FIFO-Bahnen verknüpft sind, da nur so der kontinuierliche Fluss gewährleistet und die Überproduktion durch kapazitätsstärkere Prozesse verhindert werden kann, zudem fungiert die FIFO-Bahn als vorgelagerter Puffer vor dem Engpass. Das Freigabesignal wird auch als „Drum“ bezeichnet und in der Wertstromdarstellung in Form eines Kreises mit Angaben der durchschnittlichen Taktung im Informationsfluss eingezeichnet.⁷⁵

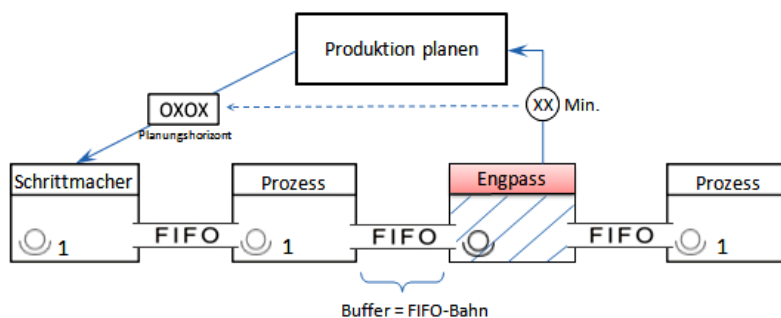


Abbildung 15: Prinzip der Engpasssteuerung⁷⁶

⁷⁴ Vgl. (Erlach, 2007, S. 211-213).

⁷⁵ Vgl. (Erlach, 2007, S. 221-223), vgl. auch (Schulte, 2005, S. 431-443) (für weiterführenden Informationen).

⁷⁶ Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Erlach, 2007, S. 222).

Der dritte Fall wird als Reihenfolgebildung nach Restriktionen bezeichnet und beinhaltet die Einsteuerung am Schrittmacherprozess der zugleich den Engpass darstellt unter der Berücksichtigung von flussabwärts liegenden Reihenfolge-Restriktionen. Dieser Fall findet insbesondere in der neunten Gestaltungsrichtlinie Beachtung.⁷⁷

Gestaltungsrichtlinie 9: Reihenfolgebildung nach Restriktionen

Ähnlich der vorherigen Richtlinie gibt diese Art der Reihenfolgebildung der Produktionsplanung ein Freigabesignal zur Abarbeitung des nächsten Auftrages vom Engpass via Produktionssteuerung an den Schrittmacherprozess. Dieses Signal beinhaltet, in Gegensatz zur „normalen“ Engpasssteuerung, technologische Restriktionen der nachfolgenden Produktionsprozesse die bei der Reihung bzw. der Freigabe von Aufträgen entsprechend zu berücksichtigen sind. Ein Planungshorizont existiert bei dieser Art der Planung nicht, da die Reihenfolgen im Wesentlichen durch die Anforderungen der Nachfolgenprozesse definiert sind. Insbesondere im Bereich der Vorfertigung und speziell bei der zyklischen Produktion ist diese Richtlinie von außerordentlicher Bedeutung, da optimierte Rüstfolgen mit minimalen Umrüstzeiten Berücksichtigung finden.⁷⁸

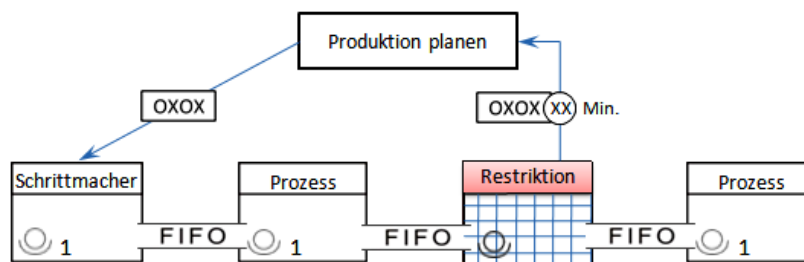


Abbildung 16: Prinzip der Engpasssteuerung mit Restriktionen⁷⁹

Gestaltungsrichtlinie 10: Trennung von Produktion und Materialfluss

Die zehnte Gestaltungsrichtlinie besagt, dass die wertschöpfenden Tätigkeiten von den unterstützenden und logistischen Tätigkeiten deutlich, und wenn möglich räumlich, abgetrennt sein sollen. Hintergründig verbirgt sich die Konzentration auf die wertschöpfende Arbeit, die nicht durch bspw. logistische Tätigkeiten gestört werden sollte. Die produzierenden Mitarbeiter können sich so ausschließlich auf die Transformation der Rohprodukte in Fertigprodukte konzentrieren. Die Mitarbeiter des Logistikbereiches sind eindeutig für die Zu- und Ablieferung von Material und Teilen bzw. Produkten verantwortlich. Die unterstützenden Funktionen wie bspw. Instandhaltung und Reparatur sollten im Falle der Notwendigkeit schnell und unbürokratisch zu Verfügung stehen und die Produktionsprozesse nicht behindern. Die Verwendung ausgereifter Technologien und vorbeugende, geplante Wartungen sind notwendig um die Anzahl der ungeplanten Stillstandszeiten zu minimieren und um den kontinuierlichen Fluss des Wertstroms gewährleisten zu können.⁸⁰

⁷⁷ Vgl. (Erlach, 2007, S. 221-223).

⁷⁸ Vgl. (Erlach, 2007, S. 223-226).

⁷⁹ Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Erlach, 2007, S. 224).

⁸⁰ Vgl. (Erlach, 2007, S. 238-239).

Gestaltungsrichtlinie 11: Flussorientiertes Ideallayout

Die konsequente Trennung von Produktion und Materialfluss hat i.d.R. erheblichen Einfluss auf den Flächenbedarf. Das flussorientierte Ideallayout fordert die möglichst nahe bzw. enge Anordnung der Betriebsmittel nach dem Materialfluss bzw. der Abfolge der Produktionsprozesse. Die theoretische Betrachtung legt eine lineare Anordnung der Betriebsmittel nahe, da meist Restriktionen wie bspw. in baulicher Art vorliegen, haben sich weitere Anordnungsformen wie U-Form, Eck-Struktur, Parallel-Struktur, Spline-Struktur, Ring-Struktur oder Schleifen-Struktur als geeignete Flächenelemente für eine wertstromorientierte Produktion als brauchbar erwiesen.⁸¹

Ziel der Gestaltungsrichtlinien ist die Bildung eines wertstromoptimierten Produktionsflusses bei gleichzeitiger Minimierung von nicht werthaltigen Arbeitselementen (Verschwendung) in einem schlanken Produktionssystem bzw. Unternehmen. Im Verlauf der Planung und Optimierung sind oftmals Abwägungen in der Intensität der Anwendung der Gestaltungsregeln zu treffen, jedoch immer in Hinsicht auf die Optimierung des Gesamtsystems.

2.4) Umsetzung

Primäres Ziel des Wertstromdesigns ist die Neugestaltung einer Produktion bzw. die Produktionsverbesserung hin zur schlanken Fabrik.

Die Darstellung des Soll-Zustandes in Form einer Wertstromskizze basiert in den meisten Fällen auf der Optimierung des Ist-Zustandes entsprechend der Wertstromgestaltungsregeln. Die Abarbeitung der Gestaltungsgrundsätze leitet die Optimierung des Wertstroms ähnlich eines „roten Fadens“. Die transparente und „quasi-standardisierte“ Darstellung erlaubt eine nachvollziehbare Verbesserung der gesamten Produktionsabläufe im Unternehmen. Die Kundensichtweise drängt sich in den Vordergrund, der Anteil von werthaltigen zu „wertlosen“ Tätigkeiten wird aufgezeigt, so dass Verschwendung entsprechend minimiert werden kann. Um nachhaltige und signifikante Erfolge zu erlangen ist oftmals eine innovative Umgestaltung der Produktion notwendig. Bewährte Strukturen, Abläufe und Gewohnheiten gilt es oftmals aufzugeben, hierzu ist insbesondere die Ausdauer und Beständigkeit des Wertstrommanagers gefordert um nicht in „alte Bahnen“ zu gelangen.

Das Wertstromdesign selbst ist ein Werkzeug des Lean-Managements, der Soll-Zustand ist innerhalb kurzer Zeit umzusetzen, da der Wertstromentwurf ansonsten praktisch wertlos ist.

Nach Mike Rother und John Shook erweist es sich als sinnvoll den gesamten Wertstrom zu erfassen, zu optimieren (Soll-Skizze) und anschließend in Schleifen zu unterteilen, da es meist nicht möglich sein wird den Sollzustand auf den gesamten Wertstrom in Einem umzusetzen.

Die Unterteilung in eine Schrittmacherschleife, vor und nachgelagerte Schleifen, sowie Lieferschlifen erscheinen praktikabel. Für jede Schleife sind konkrete, messbare Ziele, Meilensteine und Verantwortliche für die direkte Umsetzung zu bestimmen, wobei der Wertstrommanager immer hauptverantwortlich bleibt. Effizient und logisch richtig erscheint es den Beginn der Umsetzung auf die Schrittmacherschleife zu legen, da diese den Kundentakt verkörpert und eventuell vorhergehende oder nachfolgende Probleme im Produktionsfluss auflöst oder schafft. Das gleichzeitige Arbeiten an mehreren „Baustellen“ bereitet in der Regel keiner-

⁸¹ Vgl. (Erlach, 2007, S. 239-242).

lei Probleme, da immer im Sinne der Gesamtoptimierung bzw. der Gesamtskizze gestaltet wird.

Vorrangig bei der Umsetzung ist die Entwicklung der kontinuierlichen Fließfertigung, gefolgt von der Errichtung von Supermarktlagern und deren entsprechenden Verknüpfungen im Wertstromprozess. Sind diese Faktoren etabliert, so ist auf einen geeigneten Belastungsausgleich durch den Mix an Varianten zu achten. Im Folgenden sind die Prozesse zu standardisieren und wiederum, im Sinne von Kaizen oder der kontinuierlichen Verbesserung, bspw. durch Verkleinerung der Losgrößen oder Supermarktlager oder der Ausdehnung der Fließfertigung, zu verbessern.⁸²

Um eine erfolgreiche Umsetzung gewährleisten zu können sind einige Vorarbeiten notwendig, so ist es notwendig die Zeiten für Umrüstvorgänge zu minimieren, die Prozessverfügbarkeit bzw. Maschinenzuverlässigkeit zu maximieren und etwaige Ausschussquoten auf ein Minimum zu senken. Wichtig ist auch, dass der Auftragseingangsprozess auf die neue Struktur abgestimmt und entsprechend den Wertstrom-Kriterien aufgebaut ist.

Die geplanten Umsetzungsschritte, Reihenfolgen und Meilensteine für den gesamten Wertstrom sind in strukturierter Art und Weise schriftlich festzuhalten. Hierzu eignet sich die Anfertigung eines Wertstromplanes der einem Gantt-Diagramm ähnelt. Üblicherweise wird für die Umsetzung ein Zeitraum von einem Jahr angesetzt um ein für die Bewertung der durchgeführten Maßnahmen entsprechenden Daten zu Verfügung zu haben. Eine detailliertere Betrachtung der einzelnen Schleifen kann sich, in Form eines Schleifenplanes, als sinnvolle Ergänzung zur Wertstromskizze und dem Wertstromplan erweisen. Dieser Schleifenplan entspricht i.d.R. dem A3 Bericht des TPS, der auf einer Seite (Querformat A3) die wesentlichen Kriterien (z.B.: Hintergrund, Ist-Zustand, Soll-Zustand, Umsetzung und Kennzahlen) in kompakter und prägnanter Form darstellt.

Besonders wichtig erscheint, dass die Wertstromoptimierung für ein Produkt bzw. eine Produktgruppe nicht viel Zeit in Anspruch nehmen sollte. Die ersten Ansätze zur Verbesserung sollten sich schon nach einigen Arbeitstagen herauskristallisieren.

2.5) Wertstromcontrolling

Die Kontrolle bzw. Überprüfung der Planung erlaubt die Betrachtung der Ziele und Messgrößen. Erst durch den Schritt der rückwärtigen Begutachtung gewinnt die Planung an Bedeutung, da im Allgemeinen eine Planung ohne Kontrolle sich als sinnlos zeigt. Primäre Messgrößen sollten das gewünschte Verhalten zeigen und die Mitarbeiter vor Ort ermutigen an der Veränderung tatkräftig mitzuwirken. Die sekundären Messgrößen sollen dem oberen Management Informationen zur Findung von strategischen Entscheidungen liefern.⁸³

Der Wertstromplan bzw. Schleifenplan kann als wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Prozessen eingesetzt werden. Der Zeitvergleich von Plänen gibt Auskunft über die Auswirkungen der Veränderungen in zeitlicher Abfolge.

⁸² Vgl. (Erlach, 2007, S. 229-232).

⁸³ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 77-93).

Vorteilhaft hat sich nach Rothner und Shook die Beurteilung jedes Zieles nach drei Kriterien gezeigt.⁸⁴



Ok, die Umsetzung läuft problemlos nach Plan.



Probleme sind aufgetreten, diese sind aber beheb- bzw. beherrschbar.



Kein Erfolg

Die Bewertung sollte gemäß dem System „*Management by Expectations*“ erfolgen, so soll während der Bewertung der Fortschritte nicht der Fokus auf den bereits erreichten Merkmalen liegen. Primär liegt die Konzentration auf jenen Zielen, welche keine Erfolge ausweisen, diese müssen entsprechend unterstützt werden um in den Erfolgsbereich zu gelangen. Sekundär wird versucht die aufgetretenen Problemfälle zu beheben.

Hintergrund der Wertstromprüfung ist die „*geplante Trail-Error-Methode*“ die gegensätzliche Denkprozesse miteinander verbindet. Die Anwendung der Trail-and-Error-Methode beinhaltet das Eingeständnis, dass nicht alles nach Plan verlaufen wird, Fehler auftreten werden und daraus gelernt werden kann. Wichtig ist, dass dies nicht willkürlich verläuft sondern in geplanten Bahnen abläuft, so ist bspw. eine Vorgehensweise nach dem Motto „... das probieren wir als nächstes ...“ weder tragbar noch akzeptabel. Die Vorgabe von konkreten Zielen, welche es zu erreichen gilt, steht vorrangig und etwaige Abweichungen sind ausnahmslos in Frage zu stellen und nur im Falle einer sich als suboptimal darstellenden Planvorgabe akzeptabel.⁸⁵

Ein nicht unwesentliches Element des Wertstromcontrollings ist die Visualisierung der Wertstromprüfung, so dass Mitarbeiter und das Management die Verbesserungen erkennen können und sich aufgefordert fühlen weiter (kontinuierlich) an den Prozessen zu arbeiten um den gesamten Wertstrom nachhaltig positiv zu verändern.

Prinzipiell besteht die Möglichkeit die Wertstromprüfung zur Mitarbeiterbeurteilung heranzuziehen, da diese ein gutes Werkzeug zur Leistungsbeurteilung darstellt. Vorteilhaft zeigt sich hierbei die direkte Bindung von Mitarbeiter mit dem Wertstrom die den Verbesserungsprozess zusätzlich unterstützt.

2.6) Typische Verbesserungen

Durch die Anwendung der Wertstrommethode zeigen sich typische Verbesserungen für den gesamten Prozess der Produkterstellung.

Durch die Definition eines Schrittmacherprozesses können Durchlaufzeiten reduziert werden, dies wird zudem durch die festgelegte Steuerung der Prozesse an nur einem Punkt im Wertstrom und der ausgeglichenen Freigabe von Produktionsaufträgen erreicht.

Die „betriebliche Verschwendung“ kann durch die Produktion nahe am Kundentakt beseitigt oder zumindest minimiert werden. Die Prozesssicherheit und -verfügbarkeit wird durch vorbeugende Instandhaltung gesteigert, und erlaubt so die Einführung der Mehrmaschinenbedienung die den Personalaufwand reduziert und die Fähigkeiten der Mitarbeiter erweitert. I.d.R. werden Rüstzeiten durch Rüstzeit-Optimierungen (Einrichtfolgen) und entsprechende Werkzeuge, Maschinen, Vorrichtungen etc. minimiert und somit die Verschwendung im gesamten

⁸⁴ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 88).

⁸⁵ Vgl. (Rother & Shook, 2006, S. 88).

Arbeitsablauf reduziert werden. Sind einige Schleifen der internen Verbesserung erfolgreich durchlaufen so folgt als nächster logischer Schritt die Ausdehnung der Wertstrommethode auf die Ein- bzw. Anbindung der Lieferanten.⁸⁶

In der Regel lassen sich große Potentiale mit geringem Aufwand erschließen, so kann bspw. dringend benötigtes Kapital freigesetzt und unnütz gebundenes Kapital identifiziert werden. Prof. Dr. Günther Schuh sieht in den Lean-Prinzipien bzw. Strategien und der Wertstrommethode einen möglichen Weg durch die derzeitige wirtschaftliche Krise.⁸⁷ Christian Geißler, Geschäftsführer der Unternehmensberatung „The Boston Consulting Group (BCG)“ schließt sich dieser Meinung an und sieht in der Vermeidung von Verschwendung Potential für eine Produktivitätssteigerung von bis zu 30 %.⁸⁸

Oftmals lassen sich Durchlaufzeiten um 90 % senken bei gleichzeitig signifikant steigender Produktivität und Verbesserung der Qualität (80 %). In den meisten Fällen kann auch der Flächenbedarf der Produktion verringert werden (bis zu 70 %).

Studien belegen, dass etwa 80 % der Unternehmen, welche Lean-Management einführen wollen am Vorhaben scheitern. Hauptgrund hierfür ist die Unterschätzung der für die Einführung notwendigen Zeit. Selbst renommierte Unternehmen benötigen oftmals mehrere „Lean-Anläufe“ um nach Jahren der kontinuierliche Optimierung an die Weltspitze vorzustoßen weiß Reinhard Mayr, Professor für IT und Geschäftsprozesse am Institut für Produktion der Fachhochschule Köln zu berichten.⁸⁹

Güney bestätigt die Angaben von Mayr und gibt zusätzlich ein Potential für Kosteneinsparungen von bis zu 20 % an.⁹⁰

Es gibt zahlreiche Beispiele der erfolgreichen Umsetzung der Prinzipien des Lean-Managements mit gleichzeitiger Einführung der Wertstrommethode.

„Unser Lagerbestand konnte grundsätzlich um mindestens 50, teilweise sogar um bis zu 80 % reduziert werden. Zudem wurde die Liefertreue auf nahezu 100 % gesteigert und damit auch die Versorgungssicherheit für die Montage“, berichtet Gerold Raubacher, verantwortlich für die Kanban-Abwicklung in der Logistik-Abteilung der Wittenstein AG, Hersteller hochpräziser Planetengetriebe, kompletter elektromechanischer Antriebssysteme und AC-Servo-Systeme.

Webasto, Hersteller von Dach- und Temperaturmanagementsystemen für die Automobilindustrie, verbesserte die Produkt-, die Produktions- und auch die Lieferqualität um jeweils mehr als 60 %. Bei Still reduzierten sich die Durchlaufzeiten im Werk um bis zu 50 % und dementsprechend auch die Lieferzeiten.

Bei Grässlin, Hersteller von Licht-, Temperatursteuerungen und Zeitschalttechnik, werden die Standardprodukte (80 %) durch eine späte Variantenbildung an nur noch wenigen Inseln montiert. Die damit einhergehende Reduzierung des Lagerbestands liegt bei etwa 25 %, dies wird noch weiter abgebaut. Die Verbesserungen durch schlanke Produktion bzw. des schlanken Materialflusses durchdringen sämtliche Abteilungen des Unternehmens, weiß der Geschäftsführer Henk Vrijheid zu berichten.

Beim Hamburger Flurfördererhersteller Still, hat alleine die Einführung von Kanban nicht nur zur Reduzierung der Produktions(teil-)bestände beigetragen und somit die Kapitalbindung reduziert, sondern auch durch das systematische Minimieren der Teileumfänge zusätzliche Op-

⁸⁶ Vgl. (Erlach, 2007, S. 234).

⁸⁷ Vgl. (Schuh, 2005, S. 12).

⁸⁸ Vgl. (Kippels, 2009, S. 7).

⁸⁹ Vgl. (Mayr, 2008).

⁹⁰ Vgl. (Güney D. , 2006).

timierungspotenziale in der Ablauforganisation eröffnet. So musste durch die verringerten Lagerkapazitäten die Materialflussplanung und -steuerung immer besser strukturiert werden.⁹¹

Der Pumpenbauer KSB AG, konnte schon durch die Einführung von Fertigungszellen den durchschnittlich Produktionsflächenbedarf um 30 bis 40 % verringern. Die Durchlaufzeiten konnten durch die Umstellung von Push- auf Pull-System von 33 Tagen auf etwa 3 Tage gesenkt werden, zudem konnten die Transportwege von 2000 auf 500 Meter, und die Bestände von 20 Mio. Euro auf 7 Mio. Euro gesenkt werden.⁹²

Wie einführend in den Grundlagen bereits erwähnt, konnte die Firma Moog GmbH durch die konsequente Einführung von Kanban-Lagern und einem optimierten Materialfluss seine Lieferzeit signifikant reduzieren, wobei die Lieferung innerhalb von zwei Tagen für das Standardsortiment das angestrebte Ziel der Optimierung ist.⁹³

Die Heidelberger Druckmaschinen AG konnte durch die Neuausrichtung der Arbeitsabläufe und der Produktionslogistik an der Wertschöpfung den Abbau von Arbeitsplätzen bzw. die Verlagerung der Produktion ins Ausland abwenden. Durch die Optimierung der Prozesskette und einer Steigerung der Produktivität konnte ein Produktivitätsgewinn von fünf Prozent erwirtschaftet werden bei gleichzeitiger Senkung der Fertigungskosten um 3,5 %.⁹⁴

Die Erfahrung mit schlanken Prozessen bei den Unternehmen, die sie konsequent umgesetzt haben, erscheint durchwegs positiv. Wobei die volle Geltung der Wertstrommethode erst in Verbindung mit den Lean-Prinzipien entfaltet wird, da die „Schlanke- bzw. Lean-Unternehmensphilosophie“ die basalen Voraussetzungen für die effiziente Anwendung der Wertstrommethode liefert.

⁹¹ Vgl. (Unruh, 2008).

⁹² Vgl. (Ebert, 2006).

⁹³ Vgl. (Güney D., 2006, S. 46-48).

⁹⁴ Vgl. (Führer, 2007).

3) Praxisbeispiel: Medizintechnikunternehmen

Das durchleuchtete Unternehmen beschäftigt am betrachteten Standort ca. 650 Mitarbeiter und stellt medizintechnische Instrumente und Geräte her, diese werden weltweit vertrieben, wobei die Exportquote bei etwa 95 % liegt. Das Familienunternehmen zählt weltweit zu den führenden Herstellern zahnmedizinischer Übertragungsinstrumente und Geräte. Die Unternehmensausrichtung basiert auf innovativen Produkt- und Servicelösungen, ein starker Fokus ist dabei auf Forschung & Entwicklung und der soziale Verantwortung des Unternehmens gelegt. Angestrebtes Ziel ist „der“ weltweit führende Hersteller von zahnmedizinischen Präzisionsgeräten zu sein.

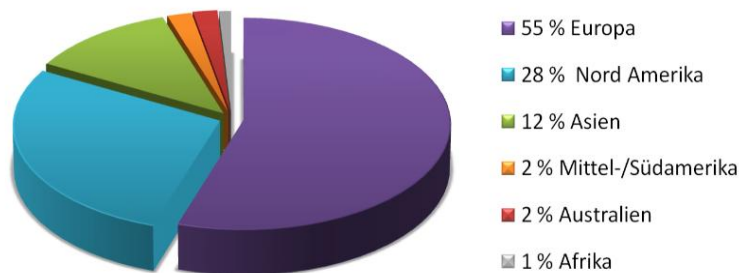


Abbildung 17: Länderbezogene Umsatzverteilung

Im Produktspektrum befindet sich eine Vielzahl unterschiedlicher Eigenprodukte. Zudem beliefert das Unternehmen eine Vielzahl an OEM Kunden mit abgewandelten Varianten der Eigenprodukte oder speziellen Entwicklungen. Im Jahr 2008 wurden etwa 2800 verschiedene Eigenfertigungsteile mit einer Gesamtstückzahl von über einer Million Stück gefertigt und zu unterschiedlichen medizintechnischen Instrumenten und Geräten verbaut.

Die Vertriebs- und Serviceaktivitäten werden zum Großteil durch eigene Tochterunternehmen übernommen, so dass global etwa 950 Mitarbeiter für das Unternehmen tätig sind. Der Umsatz des betrachteten Mutter-Unternehmens belief sich im Zeitraum 2008-2009 auf etwa 75 Mio. Euro.

In einigen Bereichen wurde die Marktführerschaft erreicht und um diese zu halten bzw. weiter auszubauen zu können ist eine effiziente Produktion von grundlegender Bedeutung, insbesondere im internationalen Wettbewerb.

3.1) Spezielle Aspekte

Diese Arbeit soll all jene Aspekte hervorheben, welche Potentiale und Zielkonflikte in Bezug auf das derzeitige Produktionssystem bzw. der Unternehmensphilosophie unter der Anwendung der Wertstrommethode darstellen bzw. aufzeigen.

Die Unternehmensorganisation ist von flachen Hierarchien, Prozessorientierung, Teamarbeit, Eigenständigkeit, Verantwortung und Flexibilität geprägt. Im Prinzip unterteilt sich das betrachtete Unternehmen in drei Funktionsebenen: Strategieebene – Projektebene – Tagesgeschäftsebene, wobei die Tagesgeschäftsebene den gesamten Produktionsprozess umfasst und sich weitgehend eingriffsfrei zeigt.



Abbildung 18: Drei-Ebenen Modell ⁹⁵

Die Ausrichtung auf Prozesse und Teams findet sich in den allgemeinen Leitsätzen des Unternehmens wieder.

- Plandaten entsprechen den Ist-Daten
- Durchlaufzeiten sind fix, die Kapazitäten werden entsprechend angepasst
- Komplette Prozessstrecken sind in einer Verantwortlichkeit
- Flussorientierung (fließen lassen anstatt zusammenfassen)
- Eingriffsfreie Systeme (über Regeln „gesteuert“)
- Material fließt nur wenn Kundenauftrag zieht (Pull-Prinzip)
- Kapazitätskorridor +/- 30 % (bei Endprodukten)
- Rechtzeitig Kapazitäten schaffen um Überlastung zu vermeiden
- Teams sind die Leistungsträger des Unternehmens (Arbeit in und mit Teams)
- Strukturierung des Unternehmens nach Strategie / Projekte / Tagesgeschäft

⁹⁵ Eigene Darstellung, in Anlehnung an das Organisations-Handbuch (unternehmensintern).

3.1.1) Teamstruktur

In den vergangenen zehn Jahren wurde kontinuierlich an der Ausrichtung der Unternehmensstruktur in Richtung Teamorganisation gearbeitet, welche mittlerweile zu einer der tragenden Säulen des Unternehmens geworden ist. Die Teams als Leistungsträger des Produktionsprozesses bzw. des gesamten Unternehmens sind nach dem Prinzip „Firma in der Firma“ in Gruppen mit fünf bis acht Personen aufgestellt und besitzen gemeinsame Ziele und Aufgaben.



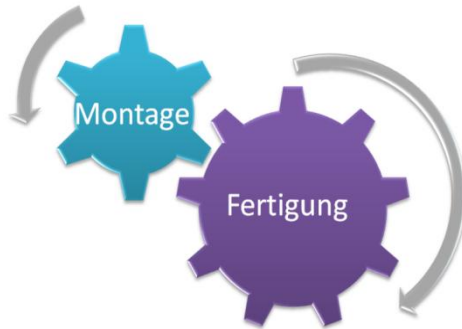
Abbildung 19: Grundprinzip der Teamorganisation⁹⁶

Unterschiedliche Erfahrungen und Fähigkeiten werden ebenso wie Ausbildungen und Wissen mit unterschiedlichen Persönlichkeiten verbunden. Im Rahmen ihrer vereinbarten Autonomie leisten und verantworten die Teams ihr Arbeitsgeschehen, welches im Leistungsprofil niedergeschrieben ist. Elemente wie Qualifikationsraster oder Teambudget gehören seit geraumer Zeit zum Tagesgeschehen eines jeden Teams, so dass eine möglichst hohe Transparenz der Teamleistung gegeben ist. Ein wesentliches Element liegt in den Vereinbarungen zwischen den Teams, in den sogenannten Naht-Stellen-Vereinbarungen (NSV). Mit diesen Vereinbarungen soll der kontinuierliche Fertigungsfluss gewährleistet werden, indem Qualitäten, Lieferzeitpunkte, etc. vereinbart werden.

⁹⁶ Eigene Darstellung, in Anlehnung an das Organisations-Handbuch (unternehmensintern).

3.1.2) Produktionssystem

Ebenso wie an der Etablierung der Teamorganisation wurde in der Vergangenheit versucht Lagerkapazitäten abzubauen und näher am Kunden zu sein. Die Einführung der Montage nach Kundenbedarf der „fixen Lieferzeiten und flexiblen Kapazitäten“, der sogenannten „Tagesportion“ war hierzu ein sehr erfolgreicher und großer Schritt für das Unternehmen.



Die Anfertigung der Erzeugnisse stellt einen hohen Anspruch an die Produkt-Qualität, Einhaltung von Terminen und Effizienz des Systems. Der Produktionsbereich ist aufgrund fertigungstechnischer, räumlicher und auch gesetzlicher Bestimmungen (MPG) örtlich voneinander getrennt, so dass sich zwei interne Unternehmensbereiche ergeben: Fertigung und Montage.

Abbildung 20: Verzahnung von Fertigung und Montage.⁹⁷

Der Bereich der Fertigung umfasst all jene Tätigkeiten die zur Transformation von Rohmaterialien bzw. Halberzeugnissen in Bauteile notwendig sind. Die Herstellung der Teile erfolgt hierbei zum großen Teil mittels computergesteuerten Maschinensystemen (CNC), welche vorwiegend Zerspanungsoperationen durchführen. In einem weitgehend standardisierten Prozess werden Gleichteile (rollierend) alle zwanzig Tage gefertigt.

Die Assemblierung der Einzelteile zum Endprodukt, inklusive Verpackung, fällt in den Bereich der Montage. Die Schnittstellen zwischen Fertigung und Montage sind über Nahtstellenvereinbarungen definiert, ebenso gelten Kapazitätsgrenzen, welche die minimale und maximale Leistungsfähigkeit des Teams bzw. des Unternehmens abgrenzen. Die Montage erfolgt generell kundenauftragsbezogen gemäß dem Tagesportionsprozess (rollierend - ein Tag).

Die zuliefernden Firmen sind entsprechend in den Fertigungsprozess eingebunden, so existieren Liefervereinbarungen, welche die Nahtstelle zwischen den Unternehmen entsprechend definieren. Im Allgemeinen gelten Zulieferfrequenzen von 20 Tagen, fünf Tagen oder einem Tag je nach Anforderung der Montage oder Fertigung.

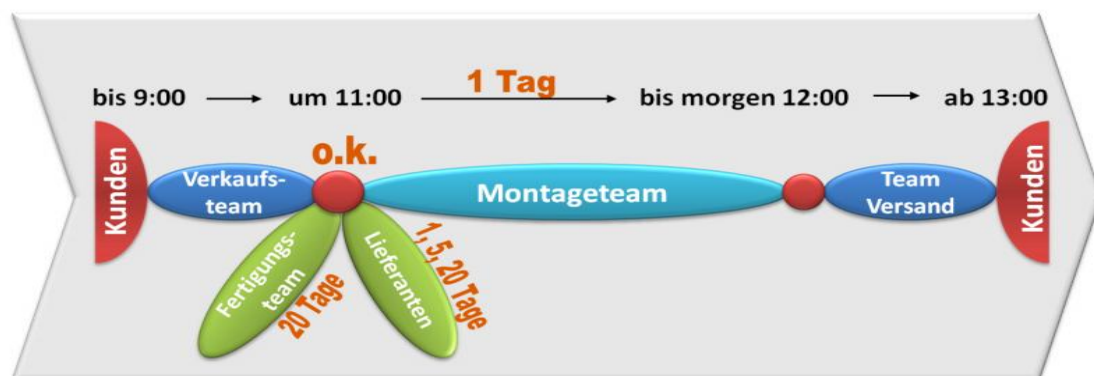


Abbildung 21: Prozessdarstellung der Produktion⁹⁸

⁹⁷ Eigene Darstellung.

⁹⁸ Eigene Darstellung, in Anlehnung an das Organisations-Handbuch (unternehmensintern).

Prozess der Kapazitätsplanung

Dieser Prozess startet jeweils zu Beginn eines Monats, so wird in rollierender Form die Kapazität des gesamten Unternehmens neu geplant und entsprechend strategisch, taktisch und operativ eingestellt.

Basis hierfür sind die Verbrauchsdaten der vergangenen Monate, korrigiert um die Prognosen der zu erwartenden Absatzzahlen des Produktmanagements. Als errechnetes Planungsergebnis steht der Bruttobedarf pro Lager, der in weiterer Folge zum einen als Basis für die Kapazitätsanpassung (Mitarbeiter, Maschinen, Raum) zum anderen ist dieser für die Erstellung der Produktionsaufträge notwendig (ermitteln der Differenz zwischen Lager-Sollbestand und Lager-Istbestand).

Prozess der Produktion im Fertigungsrad

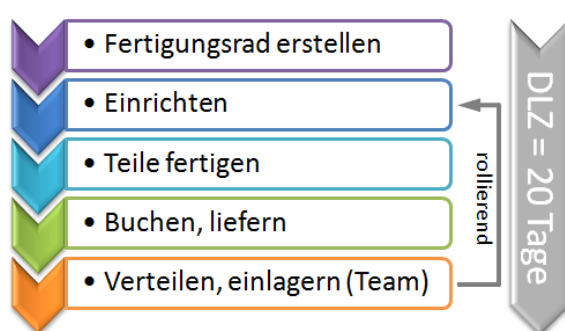


Der Bereich der Fertigung produziert in einem 20-Tages-Rad.

Die Bedarfsplanung (Fertigungsrad für 20 Tage) basiert sowohl auf einer monatlich rollierenden zwölf Monats-Planung, als auch auf den Monatsverbrauchsprognosen des Produktmanagements. Konstant-Intervallgesteuert werden so die Lager im 20 Tagesrhythmus auf Lagerbestands-Soll aufgefüllt (t, S Lagerhaltungsstrategie).⁹⁹

Durch den rel. kurzen Intervall können Über- oder Untersteuerungen des Systems möglichst klein gehalten werden und zudem sehr schnell auf Änderungen, wie bspw. auf ein etwaig geändertes Kaufverhalten von Kunden, reagiert werden.

Die zu fertigenden Teile sind im ERP-System den entsprechenden Maschinensystemen zugeordnet. Die Bedarfsplanung für ein Maschinensystem und den Zeitraum von 20 Tagen wird vom System automatisiert vorgenommen.



Für die Erfassung der Stammdaten liegt die Verantwortung im Bereich der Führungsteams, welche mit der Articleinführung bzw. den Artikelauslauf betraut sind. Basierend auf diesen Daten (Stammdaten) werden die Produktionsaufträge in weiterer Folge automatisch generiert.

Abbildung 22: Prozessdarstellung der Produktion im Fertigungsrad¹⁰⁰

Die Maschinensysteme werden nach festgelegten Regeln geplant, so dass täglich Produktionsaufträge ausgeschrieben werden und das gesamte Fertigungssystem nach 20 Tagen durchlaufen ist. Mit der Ausschreibung der Produktionsaufträge an die jeweiligen Fertigungsteams werden gleichzeitig die notwendigen Bestellungen für die Abarbeitung der Aufträge automatisiert vorgenommen. Der Verantwortungsbereich der gesamten Fertigung liegt nun im Bereich des zugeordneten Fertigungsteams, dieser erstreckt sich i.d.R. über die

⁹⁹ weitergehende Informationen siehe (Schulte, 2005, S. 397 ff.).

¹⁰⁰ Eigene Darstellung.

gesamte Wertschöpfung, ausgehend von der Wareneingangskontrolle über etwaige Fertigungsprozesse außer Haus, bis hin zur Übergabe an den Montagebereich.

Die Tätigkeiten des Einrichtens (Rüsten der Maschinen) umfassen im Wesentlichen die Vorbereitung des Materials, der Werkzeuge, der notwendigen Prüfmittel und den Rüstvorgang selbst. Als Vorgabedokumente gelten Kontrolllisten bzw. Prüf-Checklisten, Einrichtblätter, Zeichnungen und die jeweiligen Produktionsaufträge.

Die Fertigung der Teile erfolgt eigenständig vom Fertigungsteam, wobei die Reihung am Produktionsauftrag weitgehend rüstopimal eingestellt ist. Diese Reihenfolge gilt als Vorschlag und ist vom Fertigungsteam nicht zwingend einzuhalten, einzuhalten ist jedoch bei Gesamtbetrachtung die Produktionsmenge zum vereinbarten Lieferzeitpunkt. Produziert wird laut Auftragsnummer des jeweiligen Produktionsauftrags mit Selbstprüfung, eigenständiger Erfassung der Mengen und der Kennzeichnung der Teile bzw. Behälter. Die Vorgabedokumente sind gleich dem Einrichten. Als Nachweisdokument für die Teilefertigung gilt, ebenso wie für das Einrichten, die Prüf-Checkliste.

Sind die Arbeitsgänge fertiggestellt so werden diese im ERP-System fertig gemeldet, wobei etwaige Abweichungen zur ausgeschriebenen Produktionsmenge zu berücksichtigen sind, da im generellen $\gg \text{Plandaten} = \text{Istdaten} \ll$ gilt. Als Nachweisdokument ist die ergänzte Kontrollliste für Produktionsaufträge gültig.

Der Prozessschritt „verteilen und einlagern“ liegt im Verantwortungsbereich des Montageteams und umfasst im Wesentlichen die Tätigkeiten der Übernahme und der entsprechenden Einlagerung der Teile vor Ort im Montagebereich. Der Produktionsauftrag gilt auch hierbei als Nachweisdokument, dieser wird nach erfolgter Einlagerung dem Führungsteam zur Archivierung weitergeleitet.

Prozess der Produktion mit zusätzlicher Fremdbearbeitung im Fertigungsrad

Aufgrund des Grundsatzes, dass Verantwortlichkeiten über möglichst weit ausgedehnte Prozessstrecken gleich bleiben sollen, ist das Fertigungsteam auch für die etwaig notwendige Fremdbearbeitung im organisatorischen Sinn operativ verantwortlich.

Eine Fremdbearbeitung wird oftmals notwendig wenn Fertigungsprozesse nicht im Bearbeitungs- team oder im Unternehmen zur Verfügung stehen. Im Falle der „internen Fremdbearbeitung“ ist diese über Nahtstellenvereinbarungen geregelt. Im Falle einer externen Bearbeitung, wie bspw. der Oberflächenveredlung oder der Wärmebehandlung von Teilen, werden die Bestellungen basieren auf Rahmenvereinbarungen, vom Fertigungsteam selbst ausgelöst.

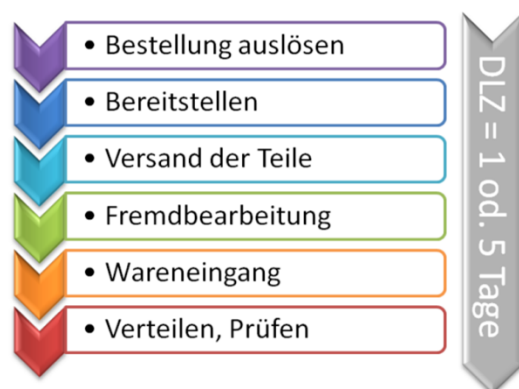


Abbildung 23: Prozessdarstellung der Produktion inkl. Fremdbearbeitung im Fertigungsrad ¹⁰¹

¹⁰¹ Eigene Darstellung.

Die Halbfertig-Teile werden bereitgestellt und für den Transport zur Weiterverarbeitung entsprechend verpackt, etikettiert und mitsamt den notwendigen Begleitdokumenten zur Abholung bereitgestellt. Der Versand der Teile läuft hierbei direkt über standardisierte Vereinbarungen vom „Ursprungs-Team“ zur Fremdbearbeitung und nach erfolgter Bearbeitung retour zum Bereitstellungsteam, ohne den Einbezug der Versandabteilung.

Der Wareneingang und die Prüfung der fremdbearbeiteten Teile liegen im Verantwortungsbereich des Fertigungsteams, bis die Teile an die Montage weitergegeben werden. Als Nachweisdokumente gelten die Bestellung, Transportbestätigung, Lieferschein und der Wareneingangsbegleitschein.

Prozess der Montage in Tagesportion



Der Bereich der Montage produziert bzw. montiert nach Kundenauftrag in Tagesportionen.

Im Prozess der Tagesportion werden Kundenaufträge bis 9:00 Uhr von den KAM-Teams (Key-Account-Management) erfasst. Nachfolgend eingelangte Aufträge werden für den folgenden Tag eingeplant. Die Bildung der „Tagesportion“ beinhaltet die Prüfung auf Machbarkeit, und wenn diese gegeben ist, die Erstellung der Produktionsaufträge. Da auch hier das Prinzip \gg Plandaten = Istdaten \ll gilt, werden diese nachfolgend automatisch abgeschlossen und die Waren auf den Kundenauftrag ausgelagert bzw. die einzelnen Produkte den jeweiligen Kunden zugeordnet (Seriennummer des Produkts \leftrightarrow Kunde). Die Zuständigkeit dieser Prozessschritte liegt bei den jeweiligen Teams des Key-Account-Managements (KAM).

Die Verantwortung des Prozessschrittes „Montage“ liegt naturgemäß bei den betroffenen Montageteams, diese sind gefordert die täglich um 11:00 Uhr ausgeschriebenen Aufträge bis nächsten Tag 12:00 Uhr versandbereit zu stellen. Für den Montageprozessschritt stehen als Dokumente im Wesentlichen die Arbeitsanweisungen und die DMR-Vorgaben (Device-Master-Record) zu Verfügung. Sollten sich Kapazitätsengpässe oder -überhänge der Teams

ergeben, so können diese über den (täglichen) Kapazitätsausgleich zwischen den Teams egalisiert werden. Die montierten Produkte werden endgeprüft und produktverpackt an das Versandteam weitergereicht.

Parallel zur Montage werden die jeweiligen Sendedokumente erstellt, welche Lieferscheine, Rechnungen, Packlisten und Exportdokumente enthalten, verantwortlich hierfür sind die zuständigen KAM-Teams.

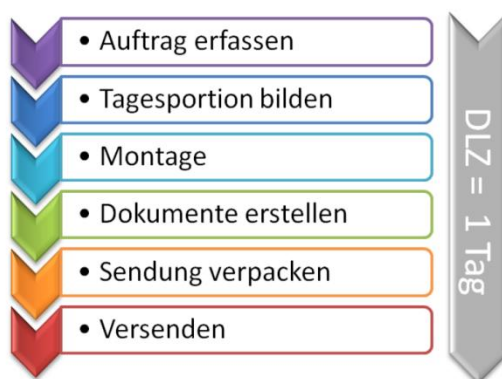


Abbildung 24: Prozessdarstellung der Montage in Tagesportion¹⁰²

Vereinbarungsgemäß sind bis 12:00 Uhr die Produkte des vorherigen Tages beim Versandteam anzuliefern. Hier werden, bezugnehmend auf die Packlisten, die Lieferungen auf Voll-

¹⁰² Eigene Darstellung.

ständigkeit geprüft und die Sendungen entsprechend transportgerecht verpackt, etikettiert und der Transportauftrag erstellt. Als Nachweisdokument gilt die Übernahmebestätigung des Transportführers.

3.2) Wertstromanalyse

Die Durchführung einer Wertstromanalyse erfordert einiges an Vorbereitungsarbeit. Wichtig ist hierbei die Festlegung der zu betrachtenden Produktgruppe und die Auswahl eines repräsentativen Produktes aus jener Produktgruppe. Da die zu untersuchenden Produkte oftmals aus vielen Einzelteilen bestehen, welche es nahezu unmöglich machen den Wertstrom in seiner Gesamtheit mit allen Bauteilen zu erfassen, sind auch hier charakteristische Bauteile für die gezielte Analyse festzulegen.

Im Wesentlichen bestehen im betrachteten Unternehmen zwei ineinander verzahnte Wertströme. Der Wertstrom der „Montage“, welcher kundenauftragsbezogen in Tagesportion arbeitet und der Wertstrom der „Fertigung“, welcher rollierend in Rhythmen von 20 Tagen abläuft und die „Montage-Lager“ auffüllt. Aus dieser Eigenheit erscheint es zielführend die Wertstromanalyse zu unterteilen.

- a) eine Übersicht über den Gesamtwertstrom**
- b) eine detaillierte Aufnahme des Montage-Wertstroms**
- c) eine detaillierte Aufnahme des Fertigungs-Wertstroms**

Tabelle 2: Unterteilung der Wertstromanalyse

3.2.1) Auswahl der Produktfamilie bzw. des Produktes

Als Pilotprojekt, zur Anwendung der Wertstrommethode, wurde aus dem Unternehmensbereich >>Restauration und Prothetik<< ein Instrument aus der Produktgruppe „Winkelstücke“ ausgewählt. Winkelstücke sind rotierende Präzisionsschleifinstrumente, welche sich insbesondere durch eine abgewinkelte Kraftübertragung auszeichnen. Vorwiegend werden diese zur prothetischen Zahnpräparation eingesetzt.

Das betrachtete Produkt wurde im April 2009 auf den Markt gebracht und dient vornehmlich zur Bearbeitung von Zahnhartgewebe (Zahnschmelz). Als Repräsentant des Winkelstückportfolios verkörpert es weitgehend alle Elemente des Fertigungs- und Montageprozesses dieser Produktgruppe.



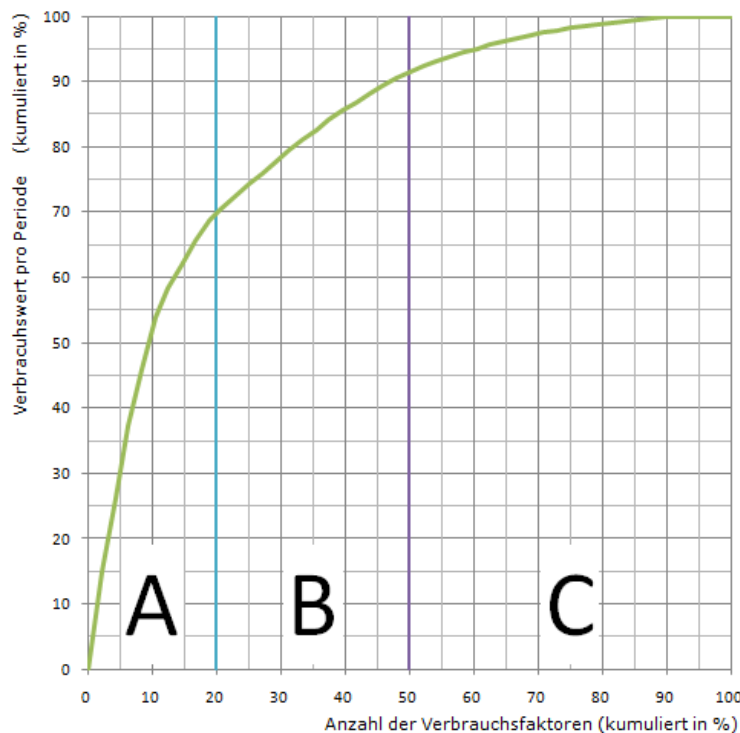
Abbildung 25: Symbolische Darstellung eines Winkelstücks ¹⁰³

¹⁰³ Abbildung aus dem unternehmensinternen Datenarchiv.

3.2.2) Auswahl der zu betrachtenden Einzelteile

Das ausgewählte Instrument besteht insgesamt aus 48 Bauteilen bzw. Baugruppen. Aufgrund dieser relativ hohen Anzahl an Einzelbauteilen, bzw. –baugruppen, welche im Instrument enthalten sind, erscheint es als sinnvoll einige Teile für die Analyse des Wertstroms auszuwählen. Zur differenzierten Betrachtung der Teile wurde die ABC-Analyse gewählt, da mit dieser betriebswirtschaftlichen Methode Priorisierungen bzw. die Bestimmung der relativen Wertigkeit der Selbstkosten der im Instrument verbauten Teile einfach und effizient durchgeführt werden kann. Die Methode bietet zudem die Möglichkeit der Bildung von Teile-Clustern, welche die differenzierte Betrachtung des Gesamtsystems erlaubt.

Die Analyse soll einen Überblick über die Zusammensetzung der Kostenstruktur des ausgewählten Produktes liefern und zur Entscheidungsfindung beitragen, welche Bauteile mit Hilfe der Wertstrommethode genauer untersucht werden sollen. Im ausgewählten Produkt sind Eigenfertigungsteile, Komponenten und Zukaufteile verbaut, daher erscheint es praktikabel dies bei der Betrachtung entsprechend zu berücksichtigen.



In der Methodik der ABC-Analyse wurden die Verbrauchswerte pro Jahr ermittelt. Es wurden hierbei die Selbstkosten mit dem Stückbedarf je Produkt multipliziert, diese gereiht und kumuliert in Richtung der Ordinate aufgetragen. Entlang der Abszisse wurde die Anzahl der zugehörigen Verbrauchsfaktoren in kumulierter, prozentualer Form aufgetragen.

Diagramm 1: ABC-Analyse der Bauteile (gesamt)¹⁰⁴

Die Daten der ABC- Analyse sind dem Anhang „Auswertung der ABC-Analyse“ zu entnehmen.

Die durchgeführte ABC-Analyse zeigt, dass 20 % der Verbrauchsfaktoren (verbaute Teile oder Komponenten) 70 % der Verbrauchswerte (Kosten) gegenüberstehen. Ebenso ist dem Diagramm zu entnehmen, dass etwa 50 % der Verbrauchsfaktoren über 90 % der Kosten verursachen.

¹⁰⁴ Eigene, berechnete Darstellung.

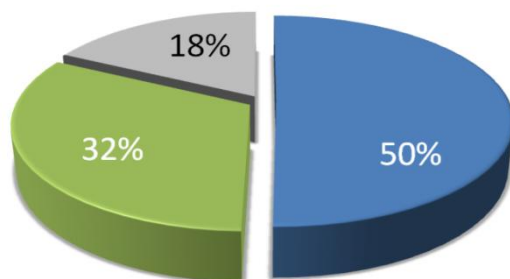
Im untersuchten Instrument (Winkelstück) sind Kugellager die hauptsächlichen Kostenverursacher. Zwei dieser Kugellager, welche sich an den Rängen *Eins* und *Drei* der ABC-Analyse befinden, verursachen 25,8 % der Kosten des gesamten Instruments. Aufgrund dieser Signifikanz soll nachfolgend der Wertstrom des zugelieferten >>Kugellagers<< genauer untersucht und in die Wertstromanalyse aufgenommen werden. Als Komponente wurde die Baugruppe >>Beleuchtung kpl. << ausgewählt, da diese Komponente universell in einer großen Anzahl von Instrumenten verbaut wird und sich in der Analyse auf Rang *Vier* befindet. Als zu untersuchende Eigenfertigungsteile wurden die Bauteile >>Halsstück<< und >>Zahnrad<< ausgewählt. Das Halsstück ist repräsentativ für den Durchlauf durch den Fertigungsprozess von diversen Außenteilen. Dieses Teil befindet sich in der Analyse auf Rang *Sechs* und verursacht etwa 4,4 % der Kosten. Da für die Funktion eines Winkelstückes die Antriebselemente eine wesentliche Rolle spielen wurde zusätzlich das Bauteil >>Zahnrad<< als Repräsentant dieser Bauteilgruppe gewählt. Das Zahnrad befindet sich auf Rang *Acht* und verursacht etwa 3,6 % der Kosten.

Ausgewähltes Zulieferteil:	Kugellager
Ausgewählte Komponente:	Beleuchtung kpl.
Ausgewählte Eigenfertigungsteile:	Halsstück, Zahnrad

Tabelle 3: Auswahl der Objekte

Aus den vorliegenden Daten der ABC-Analyse wurden in weiterer Folge die Struktur der Klassen bzw. der Faktoren Eigenfertigung, Komponente und Zulieferteil genauer beleuchtet.

Die Bildung der Klassen wurde idealtypisch für die Methode, in Anlehnung an das Paretoprinzip durchgeführt. Dieses Prinzip, welches auch als 80-zu-20-Regel bezeichnet wird, beschreibt die statistische Eigenheit, dass eine kleine Anzahl von hohen Werten mehr als eine große Anzahl von kleinen Werten zur Bildung einer gesamten Wertemenge beiträgt. Bezogen auf den Wertstromansatz bedeutet dies, dass eine relativ geringe Anzahl von Bauteilen einen hohen Kostenanteil besitzt. Im vorliegenden Fall wurde der Pareto-Effekt (80:20) nicht im vollen Umfang erreicht, dennoch wurde die Grenze zwischen den Gruppen A und B bei 20 % belassen (in diesem Fall: 20 % der Teile verursachen 70 % der Kosten). Die Einteilung der C-Gruppe mit 50 % wurde ebenfalls idealtypisch für die Methode gewählt.

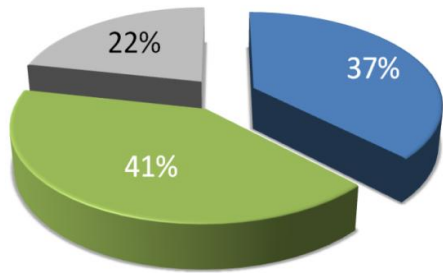


■ Eigenfertigungsteil ■ Komponente ■ Zukaufteil

Aus der analytischen Gesamtbetrachtung der Daten geht hervor, dass die im eigenen Haus produzierten Teile 50 % der Kosten verursachen und dass Komponenten 32 % der Kosten verursachen. Komponenten wiederum bestehen zum Großteil aus Eigenfertigungsteilen, dies wurde jedoch nicht weiter eingehend untersucht.

Abbildung 26: Prozentuale Verteilung der Verbrauchswerte (gesamt)

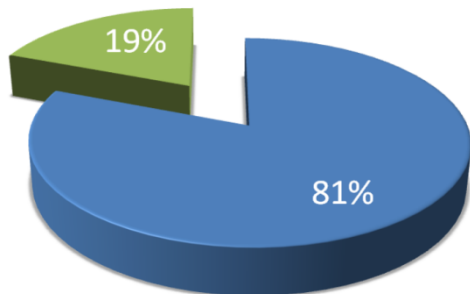
In weiterer Folge wurden die Daten der einzelnen ABC-Gruppen in einem Exkurs der eigentlichen Thematik näher durchleuchtet.



■ Eigenfertigungsteil ■ Komponente ■ Zukaufteil

Die Klasse **A** zeigt eine etwa gedrittelte Aufteilung der Verbrauchswertanteile, wobei der Anteil an Komponenten bei 41 %, jener der Eigenfertigungsteile bei 37 % und der Wert der Zukaufteile bei 22 % liegt. Insgesamt beinhaltet die Klasse neun Verbrauchsfaktoren.

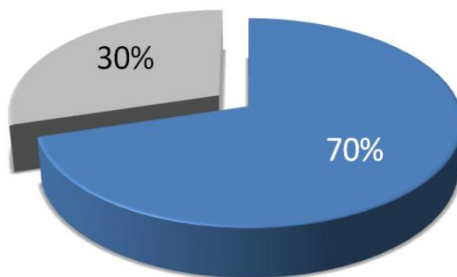
Abbildung 27: Prozentuale Verteilung der Verbrauchswerte der Klasse A



■ Eigenfertigungsteil ■ Komponente

Die Klasse **B**, welche 15 Verbrauchsfaktoren beinhaltet zeigt eine Zweiteilung mit einem Verbrauchswertanteil an Eigenfertigungsteile von 81 % und an Komponenten von 19 %. Diese Klasse weist keine Zulieferteile auf. Zudem ist der ABC-Analyse zu entnehmen, dass die Teile, welche sich in den Gruppen A und B befinden, etwa 92 % der gesamten Kosten eines Winkelstücks verursachen.

Abbildung 28: Prozentuale Verteilung der Verbrauchswerte der Klasse B



■ Eigenfertigungsteil ■ Zukaufteil

Die Klasse **C** beinhaltet 24 Verbrauchswertfaktoren, diese Gruppe zeigt eine Teilung von 30 zu 70 Prozent, wobei die Anteile der Verbrauchswerte der Eigenfertigungsteile bei 70 % liegen. Die Zulieferteile weisen einen Verbrauchswertanteil von 30 % auf, es existieren in dieser Gruppe keine Komponenten. Diese Gruppe mit dem höchsten Anteil an Verbrauchsfaktoren (Teilen) beinhaltet nur etwa acht Prozent der Teilekosten des betrachteten Instruments.

Abbildung 29: Prozentuale Verteilung der Verbrauchswerte der Klasse C

Der Anteil an Zukaufteilen im untersuchten Instrument ist relativ gering, dies zeigt sich auch in der enorm hohen Fertigungstiefe des Unternehmens. Da die Instrumente höchster Präzision unterliegen und diese somit auch die Grundanforderung an Bauteilen darstellt, liegt die Kernkompetenz des betrachteten Unternehmens in der Produktion dieser Teile, der Montage und der mit „Fertigung“ und „Montage“ abgestimmten, innovativen Entwicklung dieser Produkte und deren Bauteile.

3.2.3) Festlegung des Kundentaktes

Der Kundentakt ist ein wesentliches und wichtiges Merkmal der Wertstrommethode bzw. -analyse. Aufgrund dieser Eigenheit erscheint es notwendig die Gegebenheiten, welche in den Kundentakt einfließen, genauer zu untersuchen. Notwendig macht dies auch die Tatsache, dass sich der Datenbestand aufgrund der zeitlich kurz zurückliegenden Produkteinführung relativ gering darstellt, zudem zeigt die Erfahrung, dass der Bedarf insbesondere in der Einführungsphase oft großen Schwankungen unterliegt.

Die Verkaufsprognose zeigt einen durchschnittlichen Bedarf von 471 Stück je durchschnittlichem Monat. Die ermittelte Arbeitszeit je durchschnittlichen Monat liegt bei 137 Stunden, berücksichtigt wurde wöchentlich eine Stunde für Teambesprechung und die seit Mai 2009, aufgrund der weltwirtschaftlichen Lage, eingeführte Minderarbeit im Unternehmen.

Aufgrund dieser Daten kann der durchschnittliche Kundenbedarf berechnet werden.

$$\text{Kundentakt} = \frac{\text{verfügbare Betriebszeit}}{\text{Kundenbedarf}} = \frac{139,6 * 60}{471} = 17,79 \frac{\text{Min.}}{\text{Stk.}} \approx \mathbf{18 \frac{Min.}{Stk.}}$$

Formel 16: Berechnung des Kundentaktes

Es zeigt sich, dass es notwendig ist je 17,79 Minuten ein Winkelstück zu produzieren um den prognostizierten Kundenbedarf decken zu können. Eine Glättung der Produktionszahlen, wie in der generellen Auslegung der Wertstrommethode gefordert, ist in der derzeitig ausgerichteten kundenauftragsbezogenen Tagesproduktion nur sehr bedingt möglich. Es wurde sowohl der tatsächliche Kundentakt als auch der theoretische Ausstoß pro Monat (Bedarf prognostiziert) errechnet und gegenüber gestellt um etwaige Abweichungen, Tendenzen etc. darzustellen.

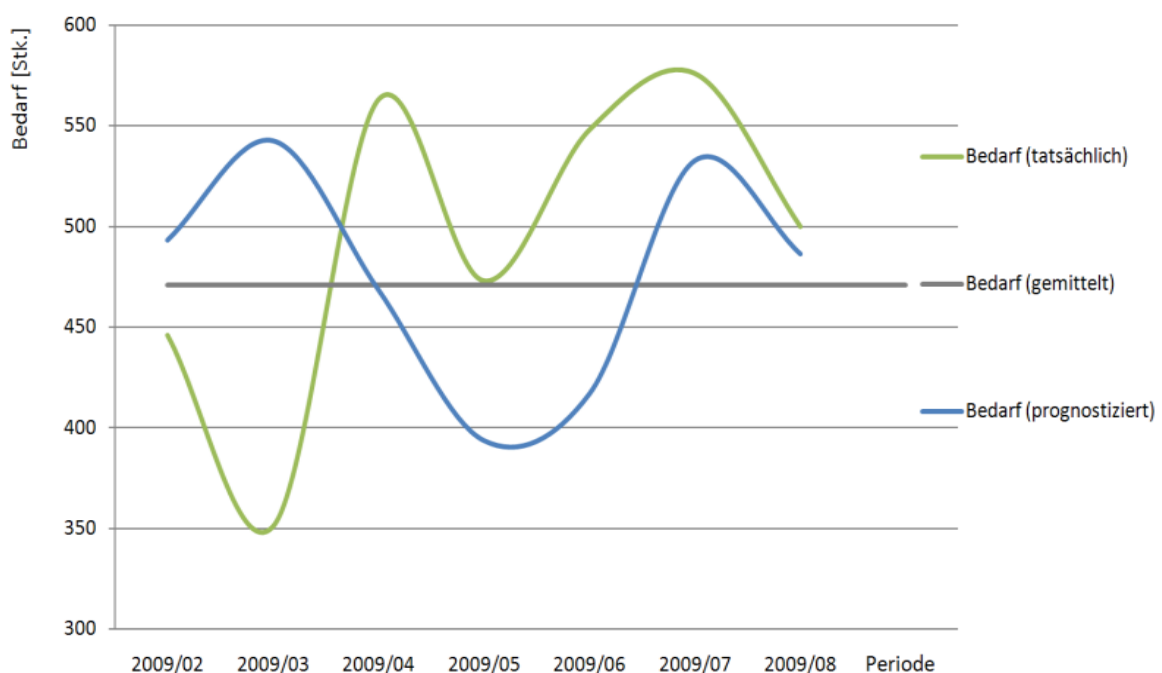


Diagramm 2: Gegenüberstellung vom monatlichen Bedarf

Der tatsächliche Bedarf zeigt eine rel. hohe Schwankung um den Durchschnittswert von 471 Stk./Monat. Die Auswertung des Kundentakts/Monat zeigt, dass Grenzwerte des Taktes von 22,62 und 12,18 Min./Stück erreicht wurden. Das Diagramm zeigt, dass sich in den Monaten April bis Juli die Nachfrage größer den Durchschnittswerten stellte. In der Festlegung des Kundentaktes sollte die Tendenz des Mehrverbrauchs berücksichtigt werden.

Im derzeitigen Produktionssystem ist ein kapazitiver Schwankungskorridor von $\pm 30\%$ berücksichtigt, welcher auch als generelle Rahmenbedingung zu sehen ist. Diese Flexibilität in der Kapazitätsauslastung wird i.d.R. durch interne Kapazitätsverschiebungen (dynamische Arbeitszeit und dem Kapazitätsausgleich zwischen den Montageteams) erreicht.

Der prognostizierte Bedarf wurde aus dem prognostizierten Jahresbedarf bzw. dem daraus abgeleitetem Monatsbedarf unter Berücksichtigung der monatlich zu Verfügung stehenden Arbeitszeit berechnet und im Diagramm dargestellt.

Die Abweichung der durchschnittlichen Prognose zur Realität von Kundentakt und Bedarf pro Periode zeigt einen reziproken Verlauf der weitgehend mit den Ergebnissen korreliert. Dies bestätigt auch die Auswertung der prozentualen Abweichung vom prognostizierten und tatsächlichen Bedarf und Kundentakt.

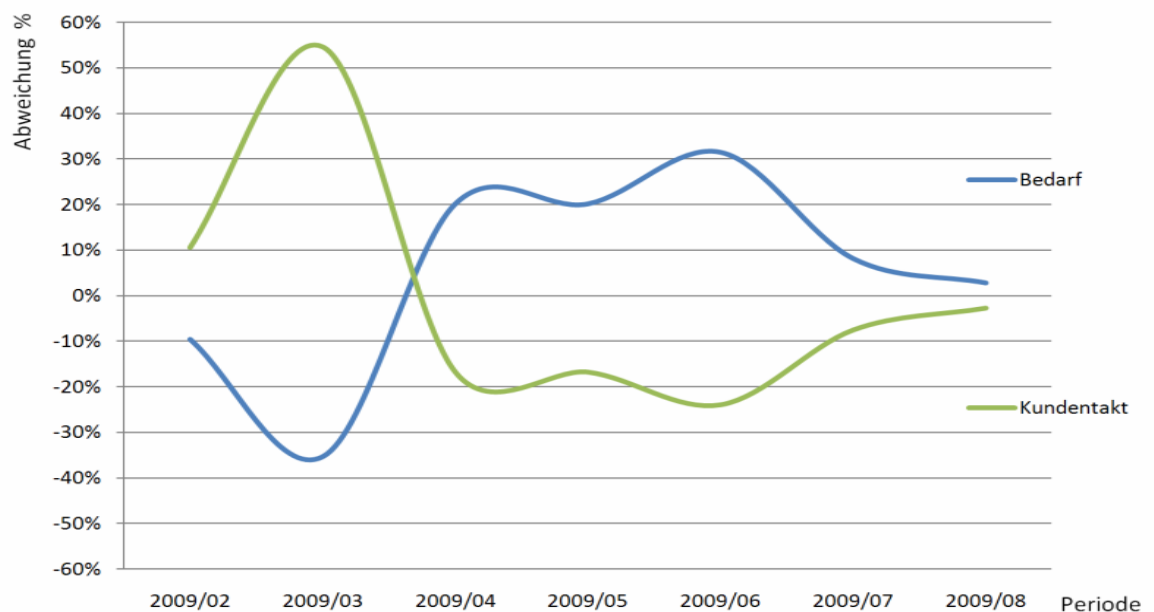


Diagramm 3: Abweichung von Bedarf und Kundentakt.

In der bearbeiteten Literatur wird der Kundentakt stets als fixe Größe behandelt, hierbei gilt die Annahme, dass sich der Kundentakt statisch verhält. I.d.R. werden auch die Parameter, Stückzahl und verfügbare Arbeitszeit als weitgehend konstant angesehen. Im betrachteten System zeigt sich eine relativ große Schwankung um den gemittelten Bedarf bzw. dem „durchschnittlichen“ Kundentakt.

Zur Lösung des Problems der stark schwankenden Produktionszahlen stehen prinzipiell zwei Möglichkeiten zu Verfügung.

- a) Dynamischer Kundentakt: als Funktion von verfügbarer Arbeitszeit und Kundenbedarf.
- b) Determinierter Kundentakt: mit Anpassung der verfügbaren Arbeitszeit bzw. der Kapazität an den Kundenbedarf.

Die Abänderung des bestehenden Modells vom statischen auf einen dynamischen Kundentakt erscheint als wenig praktikabel, da der Komplexitätsgrad der Methode exorbitant ansteigen würde.

Als praktikable Lösung des Problems erscheint die Anpassung der Arbeitszeit. Insbesondere günstig zeigt sich die Tatsache, dass die notwendigen Elemente für die kapazitive Anpassung bereits im Produktionssystem verankert sind (Kapazitätsausgleich zwischen den Teams, variable Arbeitszeit).

Durch die Determination des Kundentaktes und des täglich gegebenen Kundenbedarfs kann der notwendige Zeitbedarf ermittelt werden und so die Kapazität entsprechend angepasst werden.

Das Verhältnis der dem Kundentakt zugrunde liegenden verfügbaren Arbeitszeit zur tatsächlich benötigten Arbeitszeit kann als Qualitätskennzahl für den Montageprozess dienen, oder zur Bewertung des Montageteams herangezogen werden.

3.2.4) Wertstromaufnahme

Die Wertstromaufnahme, die als wesentlicher Teil der Wertstrommethode gilt, visualisiert den Informations- und Materialfluss in der gesamten Wertschöpfungskette, rückblickend von Kunden bis hin zu den Lieferanten aus Kundensicht (jeder Nachfolgeprozess ist Kunde des Vorgängerprozesses).

Um einen Überblick über das Gesamtsystem zu erhalten erscheint es praktikabel die Wertschöpfungskette auf die essenziellen Objekte des Informations- bzw. Materialflusses zu reduzieren und entsprechend der Wertstrom-Systematik und -Symbolik visualisiert darzustellen. In weiterer Folge sollen die Teilelemente des Wertstroms detaillierter betrachtet werden, so dass sich die Bereiche Fertigung und Montage des Unternehmens abbilden.

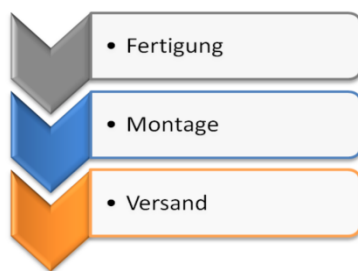
Die fokussierte, detaillierte Betrachtung wird insbesondere durch die relativ hohe Anzahl an Einzelteilen, welche im untersuchten Objekt verbaut sind notwendig, da die Betrachtung aller Komponenten schlichtweg unmöglich ist. Im Vorfeld wurden hierzu die folgenden Objekte ausgewählt.

Ausgewähltes Zulieferteil:	Kugellager
Ausgewählte Komponente:	Beleuchtung kpl.
Ausgewählte Eigenfertigungsteile:	Halsstück, Zahnrad

Abbildung 30: Auswahl der Detail-Objekte

Gesamtwertstrom

Die Abbildung des „Gesamtwertstroms“ basiert auf Daten und Prozessabläufe, welche im betrachteten Unternehmen verfügbar sind. Die Wertstrommethode legt großen Wert auf die Datenaufnahme vor Ort. Da es sich in der nachfolgenden Abbildung um eine prinzipielle Darstellung des Produktionssystems handelt, wurde auf die Aufnahme vor Ort verzichtet und aus den o.a. Datenmaterial abgeleitet. Die Ist-Übersicht über den tatsächlichen Wertstrom kann aus den Daten der nachfolgenden Detailwertströme der einzelnen Prozesse durch die Aggregation der Daten dargestellt werden. Diese Vorgehensweise erlaubt im Nachgang der Analyse die Möglichkeit des direkten Vergleichs zwischen dem „Realen“- und dem „Soll-Wertstrom“ im derzeitigen Produktionssystem um bspw. aufzuzeigen wie weit vorhandene Prozesse eingehalten werden.



Im Wesentlichen zeigt der Wertstrom die Prozesselemente der Fertigung, der Montage und dem Versand, diese Elemente sind in informativer und logistischer Hinsicht zueinander zu optimieren. Diese logische Trennung bildet auch die jeweiligen Verantwortungsbereiche ab, so dass es sinnvoll erscheint den Gesamtwertstrom in diese Detailbereiche zu unterteilen.

Abbildung 31 Prozessdarstellung Produktion

Der Kunde bzw. die Kunden werden täglich durch den Versand beliefert. Dieser erhält vom ERP-System automatisiert die notwendigen Dokumente. Beliefert wird der Versand mit den kundenbezogenen Objekten der Montage (Instrumente). Der Montageprozess, inklusive Verpackung muss 25 Stunden nach der Ausschreibung durch das System (Tagesportion) fertiggestellt sein und im Versand einlangen. Je nach festgelegtem Intervall werden automatisiert die Bestellungen bei den entsprechenden Lieferanten abgerufen (via E-Mail) und so die Lager aufgefüllt. Der Fertigungsbereich liefert ebenso wie die Lieferanten des Montageprozesses in die jeweiligen Lager, jedoch in einem konstanten Rhythmus von 20 Werktagen. Um die Fertigung gewährleisten zu können werden die benötigten Rohmaterialien in entsprechenden Rhythmen von den Lieferanten abgerufen.

Insgesamt zeigt der abgebildete „Gesamtwertstrom“ eine gut strukturierte und übersichtliche Form.

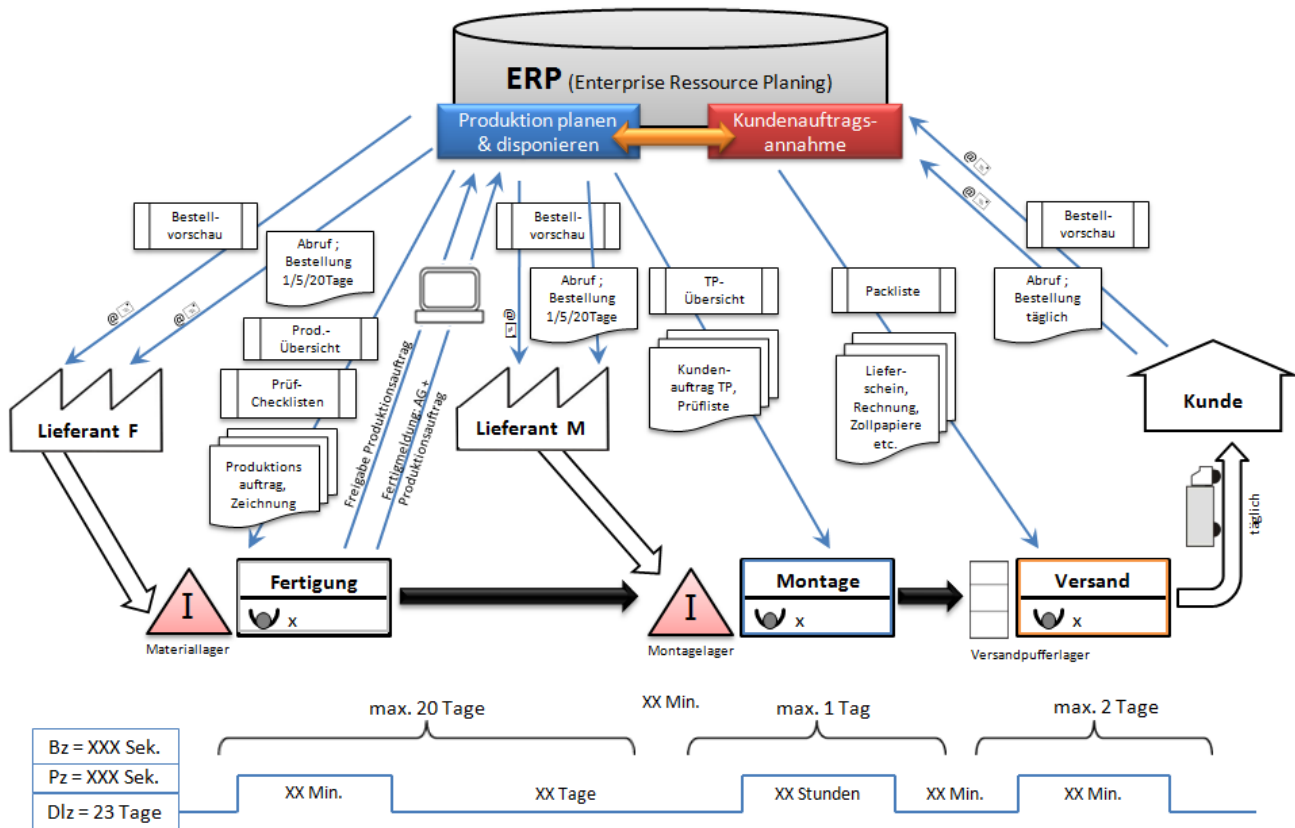
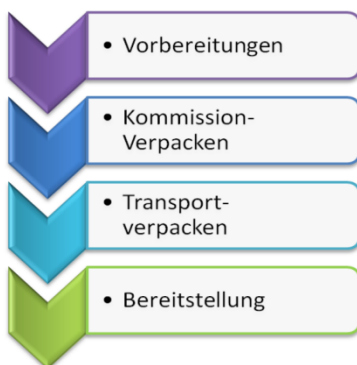


Abbildung 32: Prinzip-Darstellung des Gesamtwertstroms.

Detailwertstrom-Versand

Die Wertstrommethode baut auf die kontinuierliche Kundenperspektive auf, daher wurde mit der Wertstromaufnahme am „Ende“ der betrieblichen Wertschöpfung, dem Team „Versand“, begonnen.



Als wesentliche Prozesselemente dieses Bereichs stellten sich dabei die Vorbereitung für die Tagesportion, die Verpackung der Kommissionen, die nachfolgenden Transportverpackung mit Transportbereitstellung für den Transportführer samt den notwendigen Dokumenten und Papieren heraus.

Abbildung 33: Prozessdarstellung Versand



Abbildung 34: temporäres Kunden-Pufferlager



Abbildung 35: Transportlager

Die Erfassung der Daten wurde nach der von Klaus Erlach vorgeschlagenen Vorgehensweise durchgeführt. Auf die vier Leitfragen konnten die Mitarbeiter des Versandteams in kurzer und präziser Form Auskunft geben.

Die erste Frage hinterleuchtet das Tätigkeitsfeld, welches mit der täglichen Zuteilung der temporären Kundenlager beginnt. In den „Kundenlagern“ wird die jeweilige Kundenauftragsliste abgelegt, diese Liste wird dem Team vom ERP-System automatisiert zu Verfügung gestellt (automatisierter Ausdruck). Nach dem Abgabetermin der Tagesportion der Montageteams werden die Kundenaufträge auf Vollständigkeit überprüft, verpackt, mit den notwendigen Dokumenten versehen (Lieferschein, Rechnung) und entsprechend etikettiert. Nach Abschluss dieser Arbeiten werden die Kundenaufträge den Transportführern zugeteilt, indem die Kundenauftragspakete an den für den Transportführer vorgesehenen Plätzen abgelegt werden.

Die zweite Leitfrage hinterfragt, was wann zu erledigen ist. Die Tätigkeiten im Bereich Versand sind weitgehend standardisiert und laufen täglich nach demselben Schema ab. Der Versendeprozess ist in einer Prozessbeschreibung festgehalten, zudem können die Tätigkeiten in der entsprechenden Arbeitsbeschreibung nachgelesen werden. Die notwendigen Informationen für die Arbeiten werden in standardisierter Form vom ERP-System zu Verfügung gestellt, in Sonderfällen werden die entsprechenden Dokumente vom Team KAM (Key Account Management) zu Verfügung gestellt.

Die dritte Leitfrage dient zur Ermittlung des Bestandes bzw. des Arbeitsvorrates. Dieser liegt generell bei einem Tag, da die Tagesproduktion i.d.R. auch täglich versendet wird. Ausnahme können bspw. Großaufträge, Sonderprojekte oder Kunden, welche nicht täglich beliefert werden wollen, sein.

Die letzte Frage ermittelt die Vorgängerprozesse indem die Herkunft von Material hinterfragt wird. Wie bereits beschrieben wird die verpackte Tagesportion (einzelne Instrumente) vom jeweiligen Montageteam bis 13:00 Uhr in das entsprechende Kundenfach gelegt.

Die Aufnahme des Wertstroms zeigt das nachfolgende Bild, die genaue Zeiterfassung für die Abwicklung eines Kundenauftrages im Versandbereich zeigt sich als nahezu unmöglich, da die Art und Anzahl der Einzelpositionen starken Schwankungen unterliegen. Aus diesem Grund wurde auf einen erfahrungsbasierten Mittelwert der Bearbeitungszeit von 7,5 Minuten je Kundenauftrag zurückgegriffen.

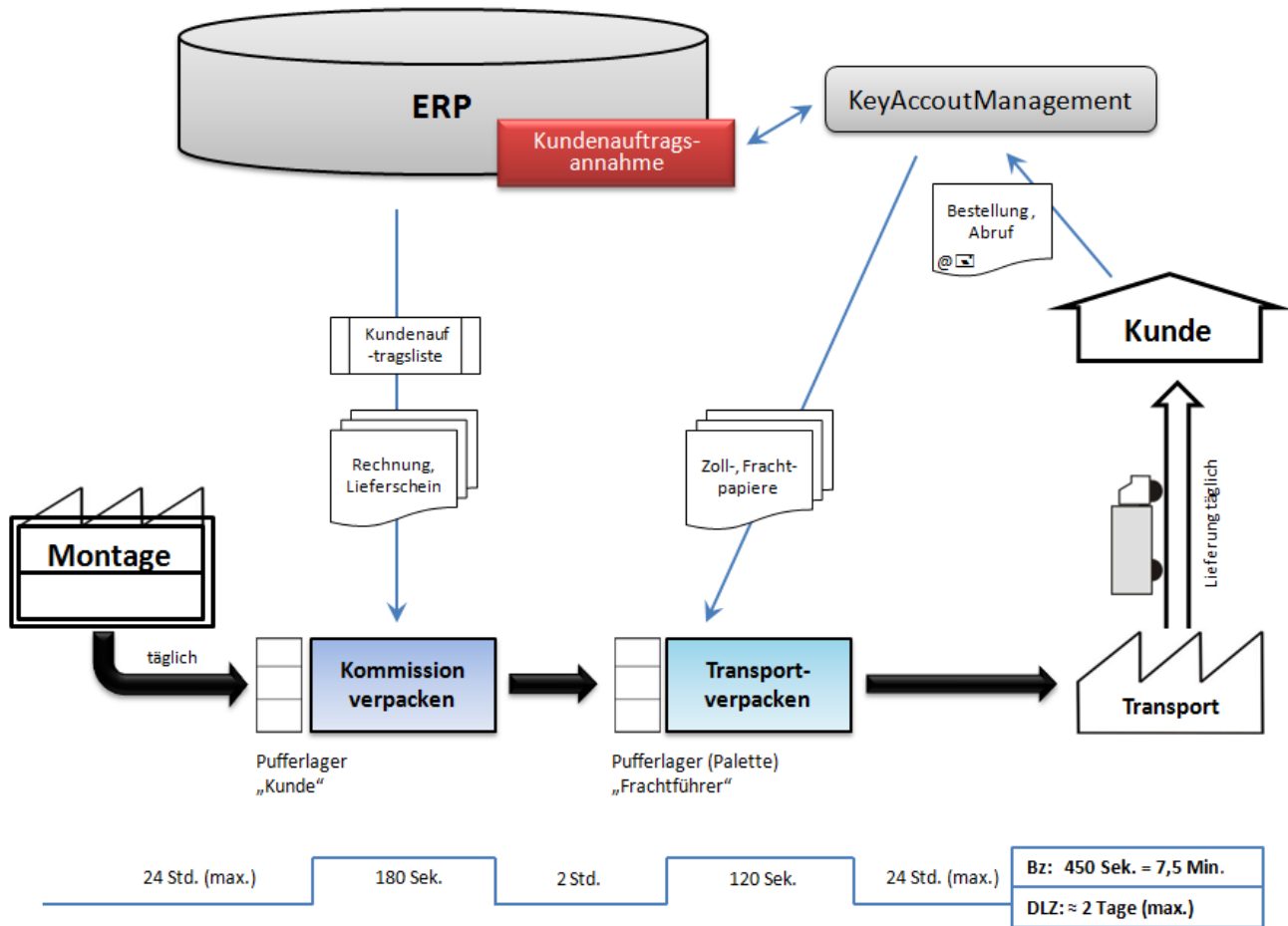
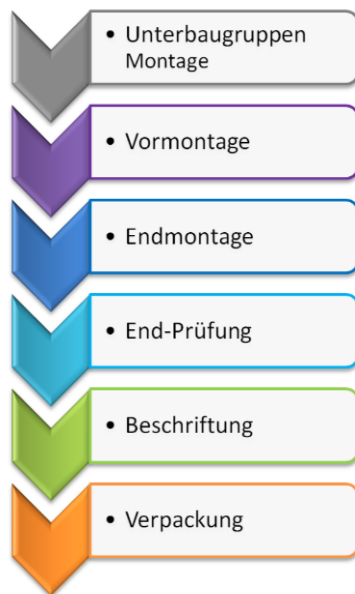


Abbildung 36: Darstellung des Wertstromes „Versand“

Der gesamte Prozess zeigt eine klare, einfache und standardisierte Struktur, die täglich durchlaufen wird. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit für den Versand pro Kundenauftrag liegt etwa bei 450 Sekunden, dies entspricht 7,5 Minuten, wobei die durchschnittliche Durchlaufzeit bei maximal zwei Tagen liegt. I.d.R. liegen die versandfertigen Pakete jedoch meist nur wenige Stunden am „Versandlagerplatz“, da der umgehende Versand primäres Ziel der Produktion in Tagesportion ist (meist noch am selben Tag).

Detailwertstrom-Montage

In der Wertstromaufnahme des Montageprozesses werden die Systemgrenzen weiter eingengt, so dass bspw. der interne Fertigungsbereich als Zulieferer betrachtet wird, oder der Versandbereich als Kunde gilt. Als Betrachtungseinheit bzw. Montageeinheit wurden all jene Tätigkeiten und Arbeitsschritte in die Analyse mit einbezogen, welche vom derzeitigen



Montageteam, bezogen auf das betrachtete Instrument, erledigt werden. Die Beschreibung der Arbeitsschritte sind an den Arbeitsplätzen vor Ort angebracht bzw. können über EDV abgerufen werden. Dies gilt ebenso für den Abruf der Prüf-Checkliste. Diese Abgrenzung der Betrachtungseinheit definiert auch den derzeitigen Geltungsbereich der „Produkt- bzw. Qualitätsverantwortung des Teams. Der Strom wurde zum einen in detaillierter und zum anderen in überblicksartiger Form dargestellt, da der Wertstrom, insbesondere durch parallel laufende Prozesse, sehr schnell an Komplexität gewinnt und somit an Übersichtlichkeit verliert. Nachfolgend werden die einzelnen Prozessschritte bzw. Wertstromobjekte genauer betrachtet und dargestellt.

Abbildung 37: Prozessdarstellung Montage

In Analogie der Fragestellung des Versandbereiches zur Ermittlung der notwendigen Daten wurde auch der Montagebereich nach dem gleichen Schema befragt.



Abbildung 38: Montagelinie

Die erste Frage, welche die Tätigkeiten und Aufgaben hinterleuchtet zeigt, dass das Personal gut auf die tägliche Arbeit eingespielt ist und alle Arbeitsschritte kennt. Temporäre personelle Veränderungen (z.B.: Krankenstand, Urlaub oder durch auslastungsbedingte Kapazitätsverschiebungen) kommen systembedingt häufig vor, daher sind an den Montageplätzen die Arbeitsbeschreibungen angebracht, welche den detaillierten Montageablauf erklären. Zudem können über

EDV diverse, für den Arbeitsbereich relevante Daten abgerufen werden.

Die zweite Frage „woher wissen Sie was wann zu tun ist?“ spiegelt in der Beantwortung die Teilautonomie der Teamstruktur wieder. So wird der Produktionsauftrag bzw. die Tagesportion, welche täglich vom System aufgrund von Kundenbestellungen ausgeschrieben wird, als absolute Vorgabe gesehen. Das Team als organisatorische Einheit legt fest, wer die einzelnen Arbeitsschritte erledigt und wann diese durchgeführt werden; jedoch unter der Voraussetzung, dass die Tagesportion erfüllt werden kann. Täglich um 11:00 Uhr findet ein etwa fünf Minuten dauerndes Treffen zum Thema interner Kapazitätsausgleich statt, hierzu nimmt von jedem Team eine Person teil. Als Vorbereitung für dieses täglich wiederkehren-

de Treffen werden die Teamauslastung und Kapazitätsdaten des Teams in eine Standardisierte Liste (Excel) eingetragen. Die Daten der Teamkapazität beinhalten die effektiven Arbeitszeiten der einzelnen Teammitglieder von 11:00 Uhr bis nächsten Tag 11:00 Uhr. Die Daten der Teamauslastung werden vom System, basierend auf Vorgabezeiten, bereitgestellt. Durch dieses Ritual und dem Modell der flexiblen Arbeitszeit kann die Beschäftigung über den gesamten Montagebereich weitgehend geglättet werden und so die Gesamtheit der Kundenaufträge erfüllt werden. Im Falle von fehlenden Kapazitäten werden Mitarbeiter aus anderen Teams ausgeliehen oder im umgekehrten Fall verliehen. Über die „Interne Leistungs Verrechnungen“ (ILV) werden diese Arbeiten gegengerechnet, so dass die Kostentransparenz weitgehend gewahrt bleibt.

Die dritte Frage ermittelt die Bestände im Materialfluss. Die Bestände der zugelieferten Einzelteil und Komponenten werden EDV-technisch erfasst und entsprechend verwaltet. Werden Kundenaufträge ausgeschrieben, so wird im Vorfeld auf Basis der vorhandenen Daten (Lagerbestände) die Machbarkeit geprüft und die entsprechenden Stückzahlen vom Lagerbestand abgebucht. Die Mitarbeiter des Montagebereichs müssen daher im Standardfall keinerlei Buchungen vornehmen. Durch die Vormontage werden Komponenten erzeugt, welche nicht in der Bestandsführung angeführt werden, diese erschwert den Abgleich von EDV-Bestand und tatsächlichen Bestand (z.T. in Komponenten verbaut). Der Vorrat an Arbeit ist durch die Tagesportion im Wesentlichen gegeben, wobei, wie bereits dargestellt, dem Team ein rel. großer Flexibilitätskorridor in der Vormontage zugestanden wird.

Die vierte und letzte Frage nach Klaus Erlach lautet: *„Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material bzw. Ihre Arbeitsaufträge?“*.

Diese Fragestellung sollte im gegebenen System um den Punkt „Kapazität“ erweitert werden, so dass die Frage lautet: *„Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material, die notwendigen Kapazitäten und Ihre Arbeitsaufträge?“*.

Das benötigte Material wird über das ERP-System entsprechend beschafft. Die interne Produktion (Fertigung und Komponentenmontage) liefert direkt an die Anlieferungszone des Montageteams, externe Lieferanten liefern am Wareneingang an, der Mitarbeiter bestätigt EDV-technisch den Eingang der Waren. Durch die Bestätigung werden die eingegangenen Waren sofort „auf Lager“ gebucht und stehen prinzipiell zu Verfügung (wenn auch noch nicht am richtigen Lagerplatz). Diese Vorgehensweise resultiert aus der Erkenntnis, dass über 90 Prozent der angelieferten Waren quantitativ und qualitativ in Ordnung sind. Der Mitarbeiter der Warenannahme liefert die eingegangenen und gebuchten Waren zur Anlieferungszone des entsprechenden Teams, dieses nimmt die Ware entgegen und erledigt die Wareneingangsprüfung entsprechend dem Waren-Begleitschein, der alle Prüfmerkmale und die Anzahl der Prüfungen enthält. Im Fehlerfall wird die Information an das „Führungsteam“ weitergegeben, dieses hat sich um die weitere Abklärung zu kümmern, im OK-Fall wird der Warenbegleitschein vom prüfenden Mitarbeiter unterzeichnet, abgelegt und die Ware, wenn nötig, beschriftet und entsprechend eingelagert. Die zur Erfüllung der Tagesportion notwendigen kapazitiven Ressourcen (Mitarbeiter) werden durch den bereits in Frage zwei erläuterten Prozess des internen Kapazitätsausgleichs zu Verfügung gestellt. Die Frage nach den Arbeitsaufträgen lässt sich im betrachteten System einfach und widerspruchsfrei mit den Kundenaufträgen auf Basis der Tagesportion beantworten.

Der Wertstrom wurde aufgenommen indem die Montage beobachtet wurde und die Arbeitsgänge, Zeiten und Stückzahlen aufgezeichnet wurden.

Als **Unterbaugruppe** wird die Komponente „*Obertrieb*“ und „*Druckkappe*“ im Team vorgebaut. Bei der Baugruppe „*Obertrieb*“ wird auf einer Metallhülse, welche ein Spannelement und die Abtriebsverzahnung enthält, vorder- und rückseitig jeweils ein Kugellager aufgespresst. Bei dem Kugellager handelt es sich um jenes Zulieferteil, welches mittels ABC-Analyse ausgewählt wurde. Vor Ort konnte eine Bearbeitungszeit von 30 Sekunden und ein Lagerbestand der Baugruppe von 183 Stück ermittelt werden, dies entspricht einer Reichweite von 7,6 Tagen.

Es konnten zudem 560 Kugellager gezählt werden, dies entspricht einer Lagerreichweite von 11,7 Tagen. Der Bestellrhythmus für dieses Zukaufteil liegt, ebenso wie die Lieferzeit, bei fünf Tagen. Die Druckkappe zeigte eine Montagezeit von 45 Sekunden, mit einer Vorort lagernden Fertigstückzahl von 217 Stück, was einer durchschnittlichen Reichweite von neun Tagen entspricht.

Der Bereich **Vormontage** zeigt eine rel. schwierig abzubildende Wertstromstruktur durch zahlreiche parallel, seriell und gemischt ablaufende Prozesse. Je nach Ressourcenangebot, welches vorwiegend von der Kundenauftragslage (Tagesportion) abhängt, werden die einzelnen Komponenten teamintern vorab aufgebaut und gepuffert. Im EDV-System sind die Komponenten zwar dargestellt, jedoch werden Bestände über diese nicht geführt, sodass eine nicht unwesentliche Abweichung zwischen realem und EDV-Lagerbestand vorliegt, wobei die Summe der Teile wiederum weitgehend übereinstimmt.

Die Komponente „*Kopf kpl.*“ wird in etwa zwei Minuten aufgebaut, bei etwa zwei Prozent der Komponenten ist eine Nacharbeit notwendig, welche etwa 20 Sekunden in Anspruch nimmt. Die Komponente beinhaltet sowohl diverse Kleinteile, als auch die Unterbaugruppen „*Druckkappe*“ und „*Obertrieb*“. Inkludiert in die Montagezeit ist eine Funktionsprüfung auf die Dehnbarkeit des Obertriebes und der Funktionalität des integrierten Spannsystems. Am Tag der Wertstromaufnahme konnten 63 fertige, Komponenten gezählt werden, welche eine durchschnittliche Reichweite von 2,6 Tagen haben.

Eine weitere Vormontagekomponente ist das „*Halsstück kpl.*“. In der Komponente wird unter anderem das gleichnamige Fertigungsteil „*Halsstück*“ als Basisteil verbaut, 105 Stück mit einer Reichweite von 4,3 Tagen waren an Lagerbestand vorhanden. Des Weiteren werden in der Komponente diverse Dichtringe eingelegt, ein kleiner Stift eingepresst und die Zulieferkomponente „*Beleuchtung kpl.*“, welche in einem anderen Unternehmensbereich gefertigt wird, eingebaut. Die ermittelte Montagezeit liegt bei 90 Sekunden und es konnte ein Bestand von 104 Stück fertig assemblierten Komponenten gezählt werden, was einer Reichweite von etwa 4,3 Tagen entspricht. Die zur detaillierten Untersuchung ausgewählte interne Zulieferkomponente zeigte einen Lagerbestand von 1312 Stück, was einer durchschnittlichen Reichweite von 56,7 Tagen entspricht. Bestell- und Lieferrhythmus liegen für diese Komponente an sich bei 20 Tagen, der hohe Bestand konnte vom Montagepersonal nicht erklärt werden, wurde aber auch als nicht unüblich oder besonders störend empfunden.

Die dritte Vormontagekomponente wird als „*Mitteltrieb kpl.*“ bezeichnet und dient als kraftübertragendes Element zwischen „*Kopf- und Kniegetriebe*“. Die Montage dieser Komponente dauert etwa 45 Sekunden. Eine Reichweite an vorhandenen Komponenten von 2,2 Tagen konnte über den Bestand von 53 Stück ermittelt werden.

Eine weitere Komponente der Vormontage ist der „*Mitnehmertrieb kpl.*“. Dieser dient zur Kraftübertragung bzw. zur Übertragung der Rotationsbewegung vom Einheitenantriebsmotor zum Mitteltrieb, von diesem über das Kopfgetriebe und weiter über das im Obertrieb inkludierte Spannsystem auf das Behandlungsinstrument (Schleifkörper, ugs. Bohrer). Zur Kraftübertragung ist unter anderem das zur Detailbetrachtung ausgewählte Eigenfertigungsteil „*Zahnrad*“ verbaut. Die Zählung ergab einen Lagerbestand von 528 Stück, was einer Reichweite von etwa 22 Tagen entspricht. Zugeliefert wird dieses Bauteil durch die interne Fertigung, die im 20-Tagesrad rollierend das Teil produziert und liefert. Die Montage der gesamten Baugruppe benötigt 80 Sekunden. Ein Bestand an Fertigkomponenten von 80 Stück konnte ermittelt werden, welcher eine durchschnittliche Reichweite von 3,3 Tagen darstellt.

Die letzte Vormontagekomponente wird als „*Kupplungsrohr kpl.*“ bezeichnet. Diese Komponente wird zur Übergabe der Medien Wasser und Luft vom Einheitenmotor zum Instrument benötigt und stellt zudem die koaxiale Koppelung von Motor und Winkelstück sicher. In 75 Sekunden werden einige Dichtringe auf das Bauteil Kupplungsrohr aufgezogen bzw. eingelegt. Anschließend wird über das Einzelteil Kupplungsrohr eine Hülse gepresst und nachfolgend die gesamte Komponente auf Dichtheit, gemäß einer Prüfanweisung, überprüft. Die Überprüfung benötigt einen Großteil der Montagezeit und zeigt bei etwa 40 Prozent der geprüften Teile einen Nacharbeitsbedarf. Im Nacharbeitsfall sind meist die Dichtringe zu tauschen. Hierzu werden inkl. einer Nachkontrolle durchschnittlich 90 Sekunden benötigt. Die Zählung der Fertigkomponenten zeigte einen Bestand von 263 Stück, welche eine Reichweite von 11 Tagen repräsentieren.

Zusammenfassend zeigt die Vormontage der reinen Komponenten eine Bearbeitungszeit von 410 Sekunden bei einer maximalen Durchlaufzeit der betrachteten Teile bzw. Komponenten von 11 Tagen. Wird die Montage der Unterbaugruppen in die Betrachtung mit einbezogen, so ergibt sich eine Bearbeitungszeit von $410 + 75 = 485$ Sekunden bei einer maximalen Durchlaufzeit der Komponenten von $11 + 9 = 20$ Tagen. Der Einbezug der ausgewählten, lagernden Bauteile und Zulieferkomponenten lassen die Durchlaufzeit auf 61 Tage anwachsen, maßgebend für diesen enormen Anstieg der Durchlaufzeit ist der hohe Lagerbestand der internen Zulieferkomponenten „*Beleuchtung kpl.*“.

Die Aufnahme des Wertstroms flussabwärts der Vormontage gestaltet sich einfacher, da die Prozesse seriell angeordnet sind und zumeist sequentiell abgearbeitet werden.

Die **End-Montage** greift vorwiegend auf die bereits vormontierten Komponenten (teamintern vormontiert und zugeliefert) zu und verbaut diese in etwa 90 Sekunden zu den fertigen Instrumenten. Bei etwa zwei Prozent der aufgebauten Winkelstücke sind Nacharbeiten notwendig, welche etwa 60 Sekunden in Anspruch nehmen. Einen Bestand an fertig aufgebauten Instrumenten, ohne absolvierte Endprüfung, konnte im betrachteten Zeitraum keiner gezählt werden.

Der Prozessschritt **End-Prüfung** wird nach der End-Montage der Instrumente durchgeführt, hierbei ermittelt ein erfahrener Mitarbeiter des Teams die qualitätsrelevanten Merkmale nach der vorgegebenen Prüf-Checkliste. Die Prüfung benötigt etwa sechs Minuten und beinhaltet sowohl objektiv messbare Kriterien als auch subjektive Einschätzungen (z.B.: Laufverhalten des Instruments), diese werden vom Endprüfer entsprechend protokolliert. Bei etwa fünf Prozent der endgeprüften Instrumente ist eine Nacharbeit notwendig, welche meist durch den Endprüfer selbst erfolgt und durchschnittlich etwa 80 Sekunden an Ar-

beitszeit je Fehlerfall benötigt. Nach dem Prozessschritt der Endprüfung sollte so die Fehlerquote bei 0 % liegen. Die geprüften Einzel-Instrumente werden in „Paletten“ eingelegt und mit der Produktionsübersichtsliste zwischengelagert (Pufferlager). Die Zählung der fertig geprüften Instrumente zeigte einen Bestand von 367 Stück, dieser Bestand steht für eine durchschnittliche Reichweite von 15,3 Tagen.

Die Palette wird nach abgeschlossener Endprüfung des gesamten Produktionsauftrags zum **Laserbeschriftungsprozess** weitergegeben bzw. die benötigte Menge an Instrumenten aus dem Pufferlager entnommen (FIFO wird nur bedingt eingehalten). Mit diesem Prozessschritt werden die Instrumente dem Kunden durch die Beschriftung mit der jeweiligen vordefinierten Seriennummer zugeteilt bzw. zugeordnet. Die Bearbeitungszeit dieses Prozesses liegt bei 35 Sekunden und erfordert eine Rüstzeit der Lasermaschine von etwa 60 Sekunden. Nach der Beschriftung werden die Instrumente wiederum in die Paletten eingelegt und zum Verpackungsprozess weitergereicht. Generell gilt, dass nur jene Instrumente beschriftet werden, welche auch einen Kundenauftrag besitzen. So kann die eindeutige Zuordnung von Seriennummer zu Kunde gewährleistet werden.

Die Instrumente werden entsprechend dem Kundenauftrag einzeln **verpackt**. Die entsprechenden länder- bzw. kundenspezifischen Gebrauchsanweisungen werden täglich dem Montageteam stückgenau von der Druckerei kommissioniert, angeliefert, hierauf hat der Verpackungsprozess auf jeden Fall zu warten. Für die ordnungsgemäße Verpackung eines Winkelstücks werden etwa 45 Sekunden benötigt. Nach erfolgter Verpackung werden die Instrumente gemäß dem jeweiligen Kundenauftrag im Kundenlager des Versandbereichs, gemäß den Nahtstellenvereinbarungen zwischen Montageteam und Versand, abgelegt. Nach der Ablage der verpackten Instrumente und des Kundenauftrages endet der Verantwortungsbereich des Montageteams und geht in die Verantwortung des Versandteams über.

Eine Fertigmeldung des Produktionsauftrages ist nicht notwendig, da vom Prinzip „Plandaten = Istdaten“ und der korrekten Ausführung der Tagesportion ausgegangen wird. Zu buchen sind etwaige Abweichungen vom Standard (Stückliste) der entnommenen Mengen von Einzelteilen bzw. Komponenten, wie dies bspw. bei fehlerhaften Teilen vorkommt.

In der nachfolgenden Wertstromskizze wurde der Montagewertstrom in aggregierter Form dargestellt. Aufgrund der rel. hohen Komplexität der detaillierten Skizze und der Einschränkung durch das Blattformat wird an dieser Stelle auf die vergrößerte Darstellung im Anhang verwiesen.

Detailwertstrom-Fertigung

Der Wertstrom des Fertigungsbereichs wird an Hand von zwei exemplarischen Beispielen abgebildet. Die untersuchten Bauteile wurden mittels der ABC-Analyse und des typischen Durchlaufs durch den Fertigungsprozess ausgewählt. Das Halsstück repräsentiert im Produktionsdurchlauf eine Vielzahl von Außenteilen, welche meist spanabhebend gefertigt, nachfolgend die Oberfläche strukturiert und anschließend oberflächenbehandelt werden. Das Zahnrad steht stellvertretend für eine große Anzahl an Antriebselementen, welche i.A. einen ähnlichen Fertigungsdurchlauf aufweisen. Ausgehend von der spanabhebenden Fertigung aus einem Halbzeug, werden die Teile in einem externen Wärmebehandlungsprozess weiterbearbeitet. Hierbei werden die Härte und Festigkeitseigenschaften der Bauteile entsprechend den Vorgaben eingestellt. Nachfolgend ist zumeist ein Schleifprozess angesetzt der bei genauen Maß-Toleranzen oder Rundheitsanforderungen unerlässlich ist.

Dem Fertigungsteam bzw. den führenden Maschinen im Fertigungsprozess werden im Rhythmus von 20 Tagen die Produktionsaufträge ausgeschrieben. Das entsprechende Team wird via E-Mail vom ERP-System darüber informiert, dass neue Aufträge anliegen. Anhand einer Kapazitätsübersicht können die einzelnen Produktionsaufträge gesammelt betrachtet werden. Diese Liste enthält die Artikelnummer, Bezeichnung, Auftragsmenge, Produktionsbeginn, Lieferzeit und Bearbeitungsstunden und das jeweilige Montageteam bzw. Lager. Zudem werden Informationen über die Auslastung und dem nächsten Starttermin zu Verfügung gestellt.

Die Fertigung startet mit der Freigabe des ersten Produktionsauftrages durch den Mitarbeiter. Mit der Freigabe wird der Produktionsauftrag ausgedruckt und begleitet nun die Teile durch den Fertigungsprozess, zudem erlaubt er die eigenständige Materialentnahme in der vorkalkulierten Menge (aufgrund der Nachvollziehbarkeit ist am Produktionsauftrag die Materialbundnummer einzutragen). Der Fertigungsauftrag enthält alle relevanten Daten inklusive dem Arbeitsplan, der die Arbeitsfolgen und die spätmöglichen Produktionsbeginnzeiten enthält. I.d.R. werden mit dem Produktionsauftrag sowohl die technische Zeichnung als auch die Prüfpläne bzw. Checklisten mit ausgedruckt und vor Ort an der Maschine entsprechend angebracht. Der Mitarbeiter beginnt nun die Maschine zu rüsten und die ersten Teile zu produzieren, diese werden anhand der Prüf-Checkliste kontrolliert und wenn alle Merkmale positiv bestätigt sind, wird mit der Serienproduktion begonnen. In vorgegebenen Intervallen (Stück oder Zeit) sind die produzierten Teile zu kontrollieren und dies entsprechend zu dokumentieren (ebenfalls auf der Prüf-Checkliste). Wird ein Arbeitsgang abgeschlossen oder ein Arbeitsgang gesplittet und teilabgeschlossen, so wird dieser im System (teil-)fertig gemeldet und entsprechend weitergeleitet.

Die o.a. Daten und Beschreibungen der Material- und Informationsflüsse wurden mittels der von Klaus Erlach vorgeschlagenen Fragetechnik ermittelt.



Abbildung 41: Materiallager

Halsstück

Die Fertigung des *Halsstücks* beginnt nach dem obig erklärten Schema, indem der Produktionsauftrag freigegeben wird und die notwendigen Papiere ausgedruckt werden. In weiterer Folge startet die Umrüstung auf das Bauteil, indem das Material aus dem Materiallager entnommen wird, alle benötigten Werkzeuge in die Maschine eingebaut bzw. getauscht werden (Einrichtblatt) und alle notwendigen Messinstrument entsprechend aufgebaut bzw.

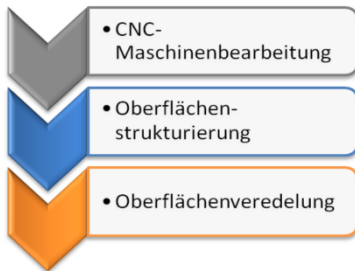


Abbildung 42: Arbeitsgänge „Halsstück“

griffbereit gelegt werden. Die ersten Teile werden mit dem entsprechenden Teileprogramm der **CNC-Maschinenbearbeitung** (Dreh-Fräßbearbeitung) produziert, kontrolliert und vermessen. Abweichungen zu den Maßangaben bzw. Toleranzangaben auf der Zeichnung sind ggf. zu korrigieren, sodass das gefertigte Bauteil der Zeichnung entspricht. Die Abnahme der Maße wird auf der Prüfliste dokumentiert und die Produktion gestartet.

Während der Produktion sind diverse Maße in vorgegeben Abständen, welche auf der Checkliste vorgegeben sind, zu prüfen und dies entsprechend zu dokumentieren. In bestimmten Zeitabständen (Standzeiten der Werkzeuge) sind die verwendeten Werkzeuge zu erneuern bzw. nachzuschärfen, so dass eine einwandfreie Teilequalität gewährleistet werden kann. I.A. ist der Betreuungsaufwand abhängig vom Bauteil, dem verwendeten Material und dem Maschinensystem. Dieser Aufwand wird im Maschinenbelegungsfaktor berücksichtigt. Ein Wert von eins entspricht einem Betreuungsaufwand von 100 % d.h. dass ein Mitarbeiter sich um ein Maschinensystem bzw. Teil kümmert; bei einem Wert von 0,5 bedeutet dies, dass ein Mitarbeiter zwei unterschiedliche Teile oder Maschinen betreut. Ist die am Produktionsauftrag angegeben Menge erreicht so wird die Teileproduktion eingestellt. Die produzierten Teile (Halsstücke) werden entweder nach Fertigstellung einer Palette oder nach Schichtende gewaschen, sodass Fertigungsrückstände (Öl, Späne) entfernt werden. Da das Material in Stangenform von drei Metern vorliegt werden die Materialien i.d.R. aufgebraucht, so dass sich oftmals eine etwas höhere

Produktionsmenge als im Produktionsauftrag gefordert ergibt. Erlaubt ist hierbei eine Überproduktion von zehn Prozent, z.T. werden auch Teile für nachfolgende Einstellarbeiten (Rüsten) benötigt. Die gefertigte Menge wird am Produktionsauftrag eingetragen und der Arbeitsgang im ERP-System fertig gemeldet.



Abbildung 43: CNC-Bearbeitungsmaschine

Die durchschnittliche Rüstzeit für dieses Teil beträgt etwa 600 Minuten und die Zeit der Bearbeitung durch die Maschinen (Prozesszeit) liegt bei 570 Sekunden. Die gefertigten Teile weisen einen durchschnittlichen Ausschuss von zwei Prozent auf. Für die Produktion der Teile läuft die Maschine etwa 10 Stunden/Tag wobei durchschnittlich $\frac{1}{2}$ Mitarbeiter für dieses Maschinensystem und dessen Teile verantwortlich ist.

Die Teile werden nach der Bearbeitung palettiert, gewaschen und mit dem mitlaufenden Produktionsauftrag dem nächsten Arbeitsschritt, der **Oberflächenstrukturierung**, übergeben. Dieser Prozessschritt ist ebenfalls im Fertigungsteam integriert, sodass die Teilverantwortung über eine möglichst weite Prozessstrecke im Team bleibt.

Der Strahlprozess setzt sich aus zwei aufeinanderfolgenden Prozessschritten zusammen, es wird im ersten Schritt die Oberfläche gereinigt und grob strukturiert, im nachfolgenden Schritt wird die Oberfläche feinbearbeitet und verdichtet. Die Schritte können an einer Maschine durchgeführt werden, welche eine Bearbeitungszeit von etwa $2 \times 25 = 50$ Sekunden/Teil in Anspruch nimmt, jedoch ist ein Wechsel des Strahlgutes notwendig, welcher etwa 15 Minuten beansprucht. Nach Abschluss dieses Arbeitsganges wird die Stückzahl am Produktionsauftrag eingetragen, der Arbeitsgang „fertig“ gemeldet und zur Weiterverarbeitung in den Oberflächenbeschichtungsbereich weitergegeben. Hierbei verlassen die Teile das Produktionsteam, welches aber nach wie vor für die Quantität, Qualität und die vereinbarungsgemäße Lieferzeit verantwortlich ist. Die **Oberflächenveredelung** bzw. dessen Prozess wird aus Sicht des teileverantwortlichen Fertigungsteams als eine Art „Black Box“ behandelt, welche bei gegebenem Input (Teile) nach definierten Inhalten (Zeichnungsangaben) einen Output innerhalb eines vereinbarten Zeitfensters erzeugt. Nach Abschluss des Oberflächenveredelungsvorgangs wird dieser vom Oberflächenteam abgeschlossen, die Endstückzahl eingetragen, der gesamte Produktionsauftrag „fertig“ gemeldet und die Teile an das jeweilige Montageteam geliefert (Team-Anlieferungszone). Vom Montageteam werden die Teile übernommen und auf den entsprechenden Lagerplatz abgestellt bzw. abgelegt. Zur Vervollständigung des Wertstromes wurden auch die Zeiten der Oberflächenveredelung ermittelt.

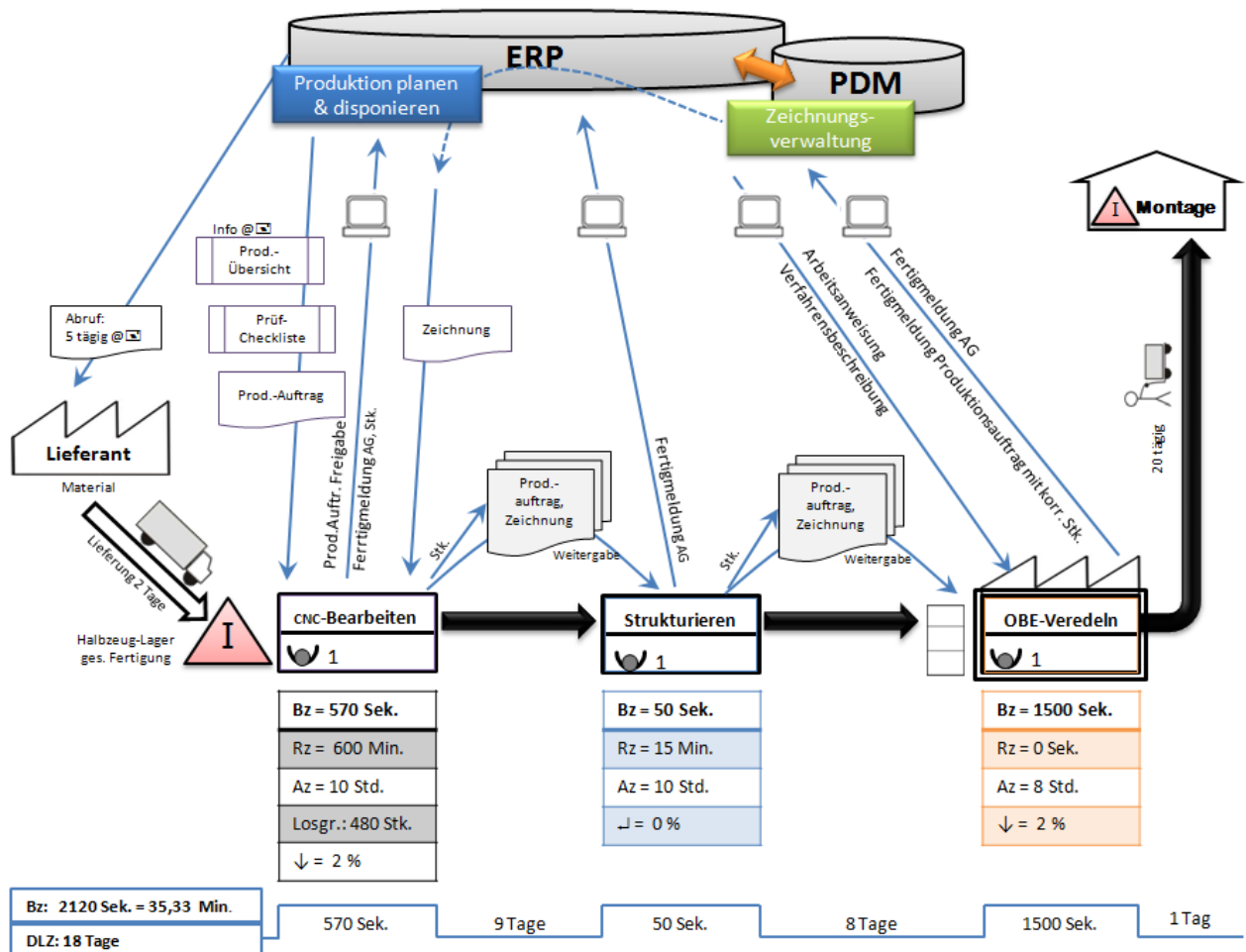


Abbildung 44: Wertstrom „Halsstück“

Zahnrad

Die Bearbeitung des Bauteils Zahnrad beginnt gleich dem des Bauteils Halsstück mit einer zerspanenden Bearbeitung auf einer **CNC-Maschine** und den dafür notwendigen techni-



Abbildung 45: Arbeitsgänge „Zahnrad“

schen und organisatorischen Vorarbeiten. Für die Vorbereitung (Rüsten) der Maschine benötigt ein Mitarbeiter etwa sechs Stunden, die Dauer der Bearbeitung eines Teils liegt bei 228 Sekunden. Gefertigt wird in einem „Einschichtmodell“ mit erweiterter Betriebszeit, sodass die personelle Kapazität an den Bedarf angepasst werden kann. Dadurch und durch die Möglichkeit der (zum Teil) mannlosen Arbeit des Maschinensystems liegt die Stundenkapazität im Produktionsfall bei etwa acht Stunden. Etwa fünf Prozent der Teile weisen qualitative Fehler auf, welche i.d.R. schon im Bearbeitungsprozess erkannt und ausgeschieden werden.

Die nach der Bearbeitung auf Paletten aufgesteckten Teile werden gewaschen und an den nächsten Prozess, die **Wärmebehandlung**, geliefert. Dieser Prozessschritt kann aufgrund der technischen Voraussetzungen nicht im eigenen Unternehmen durchgeführt werden.

Nach der Fertigmeldung des Arbeitsganges „CNC-Bearbeiten“ wird die tatsächlich gefertigte Stückzahl am Produktionsauftrag und in ERP-System eingetragen, nachfolgend wird die Bestellung der Wärmebehandlung ausgedruckt. Diese wird samt einer Bauteilzeichnung den etikettierten Teilen, welche in Plastiktüten bzw. Pappschachteln verpackten sind, beigelegt und am Fremdbearbeitungslagerplatz zur Abholung abgelegt. In einem Rhythmus von zwei Tagen werden die Teile von einem Shuttle-Dienst abgeholt bzw. wieder zugestellt. Durch diesen Rhythmus und der entsprechenden Vereinbarungen mit den Lohnfertiger wird eine Durchlaufzeit für die Wärmebehandlung von maximal sieben Tagen erreicht.

Die einkommenden Teile werden vom Shuttle-Dienst am Fremdbearbeitungslagerplatz „**Wareneingang**“ abgelegt. Die teileverantwortlichen Mitarbeiter sind für die Prüfung der Teile in quantitativer, qualitativer und zeitlicher Hinsicht verantwortlich. Der externe Bearbeitungsschritt ist mit der Fertigmeldung des Arbeitsganges abgeschlossen, welcher vom teileverantwortlichen Mitarbeiter gebucht wird.

Die geprüften Teile werden nun dem nächsten Arbeitsschritt „**Schleifen**“ zugeführt, dieser Prozess findet zwar im Unternehmen statt, ist jedoch im teileverantwortlichen Team nicht integriert. Die Integration des Schleifprozesses in das Fertigungsteam ist weder aus organisatorischer, noch aus wirtschaftlich-technischer Sicht sinnvoll, da insbesondere dieser Bearbeitungsschritt eine kostenintensive Prozesstechnik verlangt die von mehreren Teams bzw. Teilen in unterschiedlichen Ausprägungen genutzt wird. Dieser Schritt kann also als „quasi-Fremdbearbeitung“ für das Fertigungsteam angesehen werden. Zur Vervollständigung der Daten und der anzustrebenden Gesamtbetrachtung wurde auch dieser Prozess in die Detailaufnahme des Wertstroms mit einbezogen.

Die Betrachtung des Schleifprozesses ergab, dass eine durchschnittliche Umrüstung der Maschine etwa zwei Stunden dauert und die Prozesszeit eines Teils bei 90 Sekunden liegt. Nach erfolgter Bearbeitung werden die Teile gesammelt und bei Schichtende gewaschen.

Nach der Abarbeitung des Fertigungsloses wird der Arbeitsgang durch einen Mitarbeiter der CNC-gesteuerten Schleifmaschine abgeschlossen, die Stückzahl im System eingetragen und der Produktionsauftrag „fertig“ gemeldet, zum anderen werden die Teile dem Montageteam zur Verfügung gestellt.

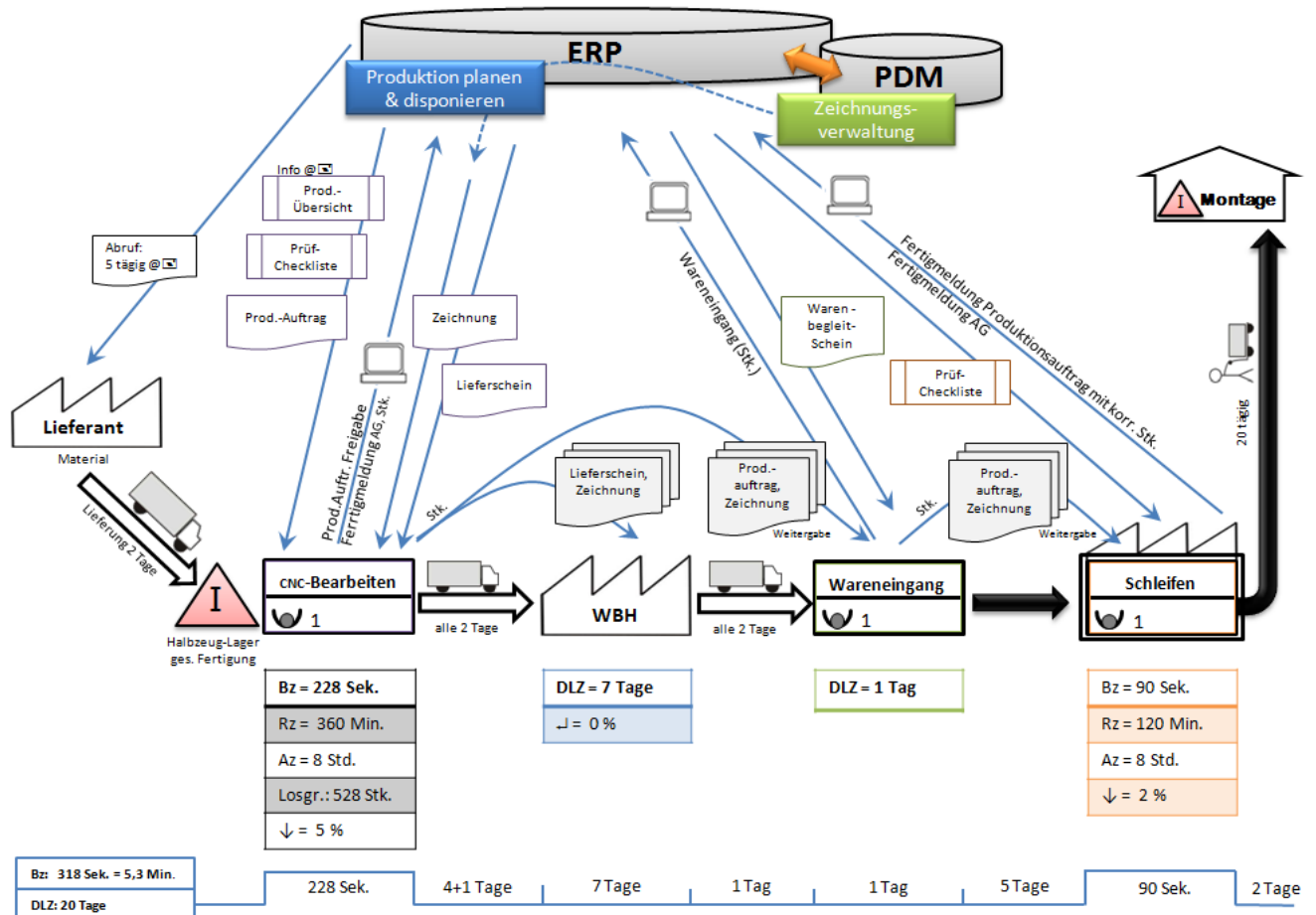


Abbildung 46: Wertstrom „Zahnrad“

3.2.5) Wertstromauswertung – Potentialanalyse

Die Potentialanalyse schließt die Wertstromaufnahme ab und bestimmt zum einen durch die Ermittlung des Flussgrades, Auslastungsgrades und der Durchlaufzeit und zum anderen durch die Taktabstimmung das Potential des Wertstroms.

Der Wertstrom *Fertigung* zeigt wesentliches Potential in der Minimierung der Rüstzeiten sowie der Abstimmung des Verhältnisses von Rüstzeit zur maschinellen Bearbeitungszeit. Potential liegt auch in der täglichen Maschinenausnutzung, so würde eine Ausdehnung der Betriebszeit sowohl die fixen Kosten je Stück als auch die Durchlaufzeiten vermindern, gegenzurechnen wären hierbei die Mehrkosten durch das Schichtmodell.

Der Wertstrom *Montage* bietet wesentliches Potential in der Senkung der Lagerbestände und der Taktabstimmung. Mittels optimierter Abstimmung der Prozessschritte sollte die gesamte Montage der beauftragten Winkelstücke mit einer Durchlaufzeit von einem Tag gangbar sein. Der Datenvergleich der im EDV-System hinterlegten Montagezeiten mit dem faktischen Zeitbedarf der Montage zeigt eine Abweichung um den Faktor zwei bis drei, so bietet die Erhebung der realen Daten die Basis für Verbesserungen und zugleich die Verminderung des „betrieblichen Graubereichs“.

Der Teilwertstrom *Versand* bietet in erster Hinsicht rel. wenig an offensichtlichem Verbesserungspotential, daher sollte dieser vorerst für das Wertstromdesign sekundär betrachtet werden.

Gesamtwertstrom

Der Gesamtwertstrom setzt sich aus den zum Teil sehr unterschiedlich strukturierten Teilwertströmen Fertigung – Montage – Versand zusammen.

Eine Optimierung des gesamten Wertstroms erscheint insbesondere in der Anlaufphase der Methode als enorme Herausforderung, sinnvoll erscheint es daher Erfahrung mit den Teilwertströmen zu machen, wobei die Gesamtsituation bzw. die Schnittstellen zwischen den Teilprozessen stets in Betrachtung bleiben sollen. Die Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Gesamtprozesses ist durch die zum Teil grundlegend unterschiedlichen Parameter nicht unmittelbar möglich, die indirekt Bestimmung der Gesamtleistungsfähigkeit sollte somit aus der Summe der gemittelten Teilleistungsfähigkeiten berechnet werden.

Da die Prozentsätze der Teilleistungsgrade ähnlich eines Wirkungsgrades sind, werden diese nicht addiert, sondern aus der Multiplikation des durchschnittlichen Fertigungsgrades mit dem Montagegrad gebildet. Die detaillierten Daten können den nachfolgenden Potentialanalysen der Detailwertströme entnommen werden.

	Fertigung			Montage	Gesamt
	Halsstück	Zahnrad	Mittelwert		
Brutto-Auslastungsgrad	44,97%	30,13%	37,55%	94,56%	35,50%
Netto-Auslastungsgrad	40,19%	25,90%	33,04%	94,00%	31,06%
Flussgrad	42,99%	30,51%	36,75%	13,67%	5,02%

Tabelle 4: Leistungsgrade des Gesamtprozesses

Detailwertstrom-Versand

Der Detailwertstrom des Versandes wurde, wie in der Abgrenzung der Arbeit festgelegt tertiär betrachtet. Der Wertstrom wurde der Vollständigkeit halber aufgenommen aber nicht detailliert betrachtet.

Die Wertstromskizze des Detailwertstroms „Versand“ zeigt eine offensichtlich gut strukturierte Form, welche kundenauftragsbezogen in Tagesportion arbeitet. Eine Optimierung des Prozesses erscheint insbesondere in der Einführungsphase der Methode als nicht zielführend, da der Versandprozess als unternehmensweite Schnittstelle mit dem gesamten Produktionssystem der Unternehmung abgestimmt sein muss. Etwaige Änderungen am Prozess „Versand“ sollten im Vorfeld sehr genau untersucht werden, da die Gefahr einer sich einstellenden Suboptimalität gegeben ist. Eine Optimierung des Bereiches sollte auf einer wesentlich breiteren Datenbasis beruhen, da die derzeitige Betrachtung lediglich einen kleinen Teil der Produktpalette repräsentiert und einzig auf den vorliegenden Daten des Wertstroms „Winkelstück“, besteht.

Detailwertstrom-Montage

Die Darstellung des Detailwertstroms „Montage“ zeigt insbesondere durch die rel. hohe Anzahl an parallel laufenden Prozessen eine vergleichsweise komplexe Struktur. Durch die vormontierten Komponenten und Unterbaugruppen klaffen die Bestände der vor Ort gelagerten und jenen der im EDV-System erfassten Einzelteile zum Teil enorm auseinander. Die Durchlaufzeit der Fertiginstrumente durch den gesamten Montageprozess liegt Systembedingt bei maximal 25 Stunden. Wird die Durchlaufzeit auf die Teilprozesse und deren Lagerbestände bzw. Lagerreichweiten bezogen, so liegt die Durchlaufzeit des Teilprozessschrittes „Lasermarkierung“ bei 15,3 Tagen, hervorgerufen durch den Lagerbestand von 367 endgeprüften Winkelstücken. Wird zur Durchlaufzeit die Vormontage mit einbezogen, so werden weitaus höhere Zeiten erreicht. Im Falle des Kupplungsrohrs wird eine Reichweite des Lagerbestandes bzw. der Prozessdurchlaufzeit von 26,3 Tagen erreicht.

	Lagerbest. Endgeprüft [Stück]	Reich- weite [Tage]	Lagerbest. Vormont. [Stück]	Reich- weite [Tage]	Summe Bestand [Stück]	Summe Reichweite [Tage]
Winkelstück	367	15,3	-	-	367	15,3
Kopf kpl.	367	15,3	63 Stk.	2,6 Tage	430	17,9
Halsstück kpl.	367	15,3	104	4,3	471	19,6
Mitteltrieb kpl.	367	15,3	53	2,2	420	17,5
Mitnehmertrieb kpl.	367	15,3	80	3,3	447	18,6
Kupplungsrohr kpl.	367	15,3	263	11,0	630	26,3

Tabelle 5: Lagerbestände, Reichweiten von Montage-Komponenten

In der Baugruppe „Kopf kpl.“ sind zwei Unterbaugruppen verbaut. Werden diese weiter in die Betrachtung mit einbezogen, so zeigt die Baugruppe „Druckkappe“ eine Durchlaufzeit von 26,9 Tagen, jene des „Obertriebes“ liegt bei 25,5 Tagen.

Der Einbezug der ausgewählten Einzelteile in die Betrachtung lässt die Durchlaufzeiten auf 74,3 Tage anschwellen.

	End-Prüfung [Stück]	Vormontage [Stück]	Unter Baugruppe [Stück]	Einzelteil [Stück]	Summe Bestand [Stück]	Lager- Reichweite [Tage]
Kugellager	734	126	366	560	1786	37,2
Halsstück	367	104		105	576	24
Zahnrad	367	80		528	957	39,9
Beleuchtung	367	104		1312	1783	74,3

Tabelle 6: Lagerbestände, Reichweiten ausgewählter „Einzelteile“

Eine Reduktion der Durchlaufzeiten erscheint als sinnvoll und mit rel. geringem Aufwand umsetzbar. Die Berechnungen der Durchlaufzeiten beruhen auf der Näherungsgleichung $DLZ = RW$, da die Prozesse bzw. Bearbeitungszeiten für ein Instrument bzw. Winkelstück bezogen auf die errechneten Durchlaufzeiten rel. gering sind.

Die Bearbeitungszeit für ein Winkelstück im Montageprozess dauert 16,92 Minuten, diese Zeit liegt knapp unter dem Kundentakt von 18 Minuten/Stück, sodass das Verhältnis Montagezeit zu Kundentakt bei 94 % liegt, dies wird im Netto-Auslastungsgrad ausgedrückt.

$$A_{Netto} = \frac{BZ}{KT} = \frac{16,92}{18} \cdot 100 = 94 \%$$

Formel 17: Netto-Auslastungsgrad „Montageprozess“

Der Brutto-Auslastungsgrad berücksichtigt den aliquoten Rüstzeitanteil im Ergebnis, aufgrund der sehr geringen Rüstzeiten liegen die Auslastungsgrade sehr nahe beieinander.

$$A_{Brutto} = \frac{BZ + \frac{RZ}{LG}}{KT} = \frac{16,92 + \frac{2,5}{24}}{18} \cdot 100 = 94,56 \%$$

Formel 18: Brutto-Auslastungsgrad „Montageprozess“

Der Auslastungsgrad von etwa 94 % zeigt, dass das System von der kapazitiven Einstellung gut abgestimmt ist. Bei der Berechnung unberücksichtigt sind etwaig notwendige Nacharbeiten oder Ausschuss im Prozess.

Der Flussgrad zeigt das Verhältnis zwischen der Summe der Bearbeitungs- bzw. Prozesszeiten und der Lagerreichweite und kann als Prozesswirkungsgrad angesehen werden. Jene Prozesse bzw. Teilprozesse, welche keinen Bestand aufweisen, also keine Reichweite besitzen können nicht berechnet werden, da die Gleichung mathematisch nicht lösbar ist (Division durch Null). Diese Teilprozesse tragen in Bezug auf die gesamte Montage jedoch nur unwesentlich an der Mehrung von Verschwendung bei.

Zwischen den Prozessen „Endprüfung“ und „Beschriftung“ liegt ein gepufferter, nicht registrierter Bestand von nahezu fertigen Winkelstücken mit einer durchschnittlichen Reichweite von 15,3 Werktagen. Dieser Bestand trägt vermeidlich den größten Anteil an der „Verschwendung“ in diesem Detailwertstrom (abgesehen von der Nacharbeit im Teilprozess Kupplungsrohr montieren), da die Kapitalbindung in diesem Stadium mitunter am größten ist. Der Flussgrad von diesem Teilprozess zeigt einen Wert von 33,9 %.

$$Fg_{Endpruefung} = \frac{\frac{360 \text{ sek.}}{3600} \cdot 367 \text{ Stk.}}{15,3 \text{ Tage} \cdot 7,0 \text{ Std.}} \cdot 100 = 33,9 \%$$

Formel 19: Flussgrad der Endprüfung (Teilprozess)

Unter der hypothetischen Annahme, dass die Endprüfung tatsächlich in Tagesportion bei einer durchschnittlichen Montagezeit von 360 Sekunden pro Winkelstück und einer durchschnittlichen Stückzahl von 24 Stück durchgeführt wird, so würde sich ein Flussgrad von 100 % einstellen.

$$Fg_{EndpruefungTP} = \frac{\frac{360 \text{ sek.}}{3600} \cdot 24 \text{ Stk.}}{2,4 \text{ Std.}} \cdot 100 = 100 \%$$

Formel 20: hypothetischer Flussgrad der Endprüfung

Durch den hohen Lagerbestand zwischen den Teilprozessen „End-Prüfung“ und „Beschriftung“, nahe am Kundenende des Wertstroms, werden Probleme in den jeweiligen Teilprozessen nicht im vollen Maße signifikant, welche bspw. bei der Montage der Kupplungsrohre bestehen (notwendige Nacharbeit bei 40 % der vormontierten Teile) oder jene Probleme, welche durch Über- oder Unterkapazität entstehen.

Das nachfolgende Torten-Diagramm zeigt die relativen Anteile der einzelnen Teilprozesse im gesamten Wertstrom „Montage“. Mit einbezogen in die Berechnung wurden sowohl die

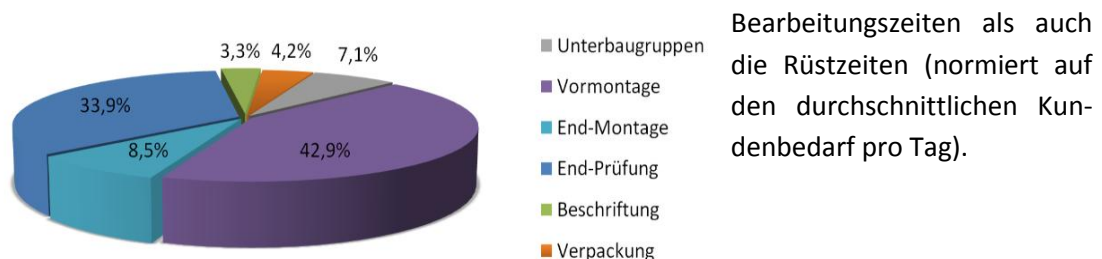


Diagramm 4: relativer Flussgrad der Teilprozesse (Montage)

Die bereits montierten und endgeprüften Winkelstücke, die vormontierten Komponenten und vorgebauten Unterbaugruppen beinhalten eine reine Montagezeit von 53,6 Stunden, dies entspricht bei einer durchschnittlichen Tagesarbeitszeit von sieben Stunden etwa 7,7 Tage. Die Lagerreichweite der gepufferten Komponenten und Unterbaugruppen liegt bei kumulierten 55,42 Tagen, sodass sich ein Flussgrad des gesamten Wertstroms von 13,81 % ergibt.

$$Fg_{Montage} = \frac{\sum BZ}{\sum RW \cdot Arbeitszeit/Tag} = \frac{53,56}{55,42 \cdot 7} \cdot 100 = 13,81 \%$$

Formel 21: Flussgrad Montageprozess

Die durchgeführte Sensibilitätsbetrachtung des mathematischen Modells zeigt, dass eine Erhöhung bzw. eine Verbesserung des Flussgrades von etwa 4,4 % auf 18,18 %, durch eine Bestandsreduzierung der Unterbaugruppenmontage auf null Stück, möglich ist.

Die Taktbestimmung, als weiteres wesentliches Element der Potentialanalyse stellt die Bearbeitungszeiten je Teilprozessschritt dar, sodass die unterschiedlichen Prozesszeiten eindeutig zu erkennen sind und Engpässe bzw. freie Kapazitätsbereiche sichtbar werden. Der Balken der Vormontage setzt sich aus mehreren einzelnen Teilprozessschritten zusammen, welche auch nebeneinander betrachtet werden könnten. Der Prozessschritt „End-Prüfung“ stellt somit den Engpass im Montagesystem dar.

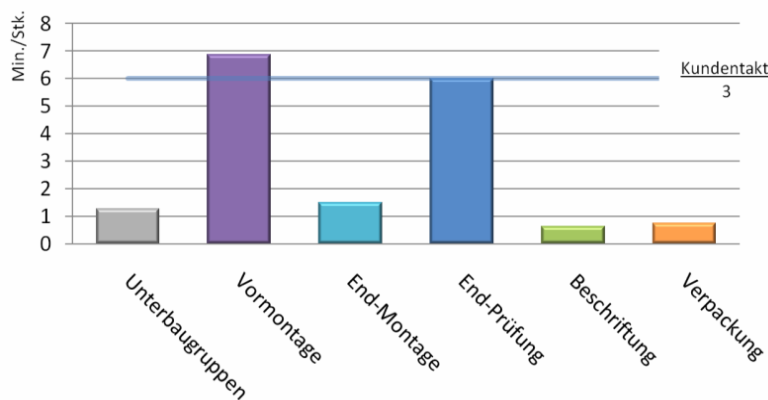


Diagramm 5: Säulendarstellung der Montageteilprozesse

Zum einen unterliegt die End-Prüfung personellen Restriktionen zum andern ist dieser Schritt nicht unterteilbar, wie dies im Falle der Vormontage möglich ist. Es erscheint daher sinnvoll diesen Prozessschritt als Schrittmacherprozess zu definieren und das Pitch-Intervall auf ein Drittel des Kundentaktes für das nachfolgende Wertstromdesign zu legen. Ein weiterer Engpass, welcher in der Taktabstimmung nicht erkennbar ist, ist der Teilprozess Beschriftung. Die Beschriftungsanlagen, welche redundant ausgeführt sind, werden von den Montage-Teams benutzt, wobei jedes fertige Instrument beschriftet wird, hier kommt es oftmals zu unnötigen Wartezeiten. Eine Aufteilung der Vormontage mit Einbindung der Unterbaugruppenmontage und wenn möglich der Endmontage erscheint als gute Möglichkeit die einzelnen Teilprozesse auf den Kundentakt abzustimmen und so, insbesondere den Materialfluss, zu verbessern und die Durchlaufzeiten im Wertstromdesign zu senken. Das nachfolgende Tortendiagramm zeigt die prozentualen Anteile der Montage-Bearbeitungszeiten eines gesamten Winkelstücks.

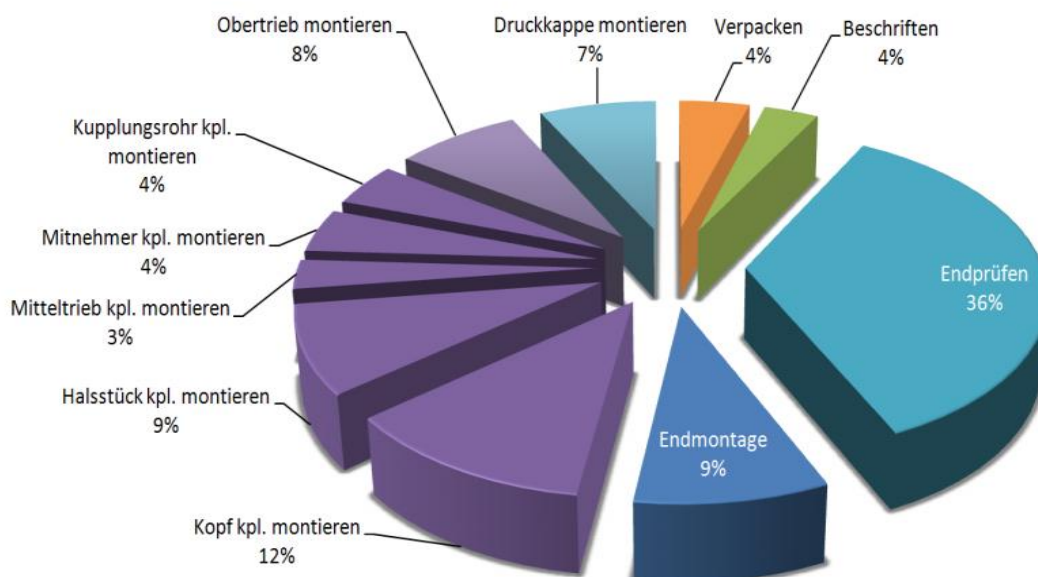


Diagramm 6: Verteilung der Bearbeitungszeiten im Montageprozess

Schrittmacherprozess: **Endprüfung**

Pitch-Intervall: **$KT/3 = 18/3 = 6 \text{ Minuten}$** = Bz am Schrittmacherprozess

Tabelle 7: Festlegungen für Wertstromdesign



Der Prozess „Kupplungsrohr montieren“ sollte einer sofortigen Verbesserung unterzogen und nachhaltig optimiert werden, da die notwendige Nacharbeit von 40 % der Teile keinesfalls akzeptabel erscheint. Auffällig zeigte sich zudem, dass die Teile, im betrachteten Zeitraum stets von unterschiedlichem Kapazitätsausgleichspersonal (Leihpersonal) montiert und geprüft wurden.

Weiters sollte der Lagerbestand an endgeprüften Winkelstücken minimiert bzw. auf null Stück reduziert werden. Der Lagerbestand an vormontierten Komponenten sollte so weit als möglich reduziert werden, wobei die Beseitigung des Lagerbestandes anzustreben ist. Die Montage von Unterbaugruppen sollte gänzlich entfallen und in die Vormontage integriert werden. Durch diese Maßnahme sollte sich der Flussgrad des Montageprozesses wesentlich verbessern.

Die Lagerreichweite der Beleuchtungskomponente mit 74,3 Tagen erscheint gleich dem Bestand an Kugellagern mit einer Reichweite von 37,2 Tagen als unangebracht. Insbesondere der Bestand an Kugellagern erscheint als unnötig, da zum einen wöchentliche Bestellabrufe im System hinterlegt sind und die Lieferzeit lediglich zwei Tage beträgt, zum anderen handelt es sich bei diesem Teil um jenes mit dem größten Verbrauchswertanteil am gesamten Instrument (unnütz gebundenes Kapital). Die Schnittstelle der zur Komponentenmontage sollte überarbeitet werden, sodass eine derartige, im Prinzip inakzeptable, Bestandsanhäufung zukünftig ausgeschlossen werden kann.

Detailwertstrom-Fertigung

Als exemplarische Vertreter für den Fertigungswertstrom wurden die Bauteile „Halsstück“ und „Zahnrad“ ausgewählt und deren Fluss durch das Produktionssystem entsprechend der Wertstrommethode aufgezeichnet bzw. aufgenommen und die zugehörigen Daten erfasst.

Das Bauteil „Halsstück“ ist gekennzeichnet durch die teaminterne Bearbeitung mit einer nachfolgenden quasi externen Weiterverarbeitung, der Oberflächenveredelung. Dieser Prozess findet zwar im Unternehmen statt ist, aber aufgrund organisatorischer, technischer und auch rechtlicher Vorschriften vom allg. Fertigungsbereich abgetrennt, sodass dieser als externer Prozess angesehen werden kann und auch nachfolgend als solcher behandelt wird. Bei der Betrachtung wurde die Ausschussquote von zwei Prozent im CNC-Bearbeitungsprozess und dem OBE-Veredelungsprozess durch eine durch den Ausschuss erhöhte Produktionsmenge berücksichtigt. So müssen etwa 500 Stück am CNC-Automaten produziert werden um den Montageprozess mit den geforderten 480 Teilen beliefern zu können.

Die Durchlaufzeit durch den gesamten Fertigungsprozess liegt bei etwa 18 Tagen, dies entspricht weitgehend dem Rhythmus des Fertigungsrades von 20 Tagen. Die DLZ errechnet sich aus der Summe der Gesamtheit der Bearbeitungszeiten, multipliziert mit der Stückzahl und den Rüstzeiten. Für den CNC-Prozess ergibt sich somit eine minimale Durchlaufzeit von 8,9 Tagen, der Prozess der Oberflächenstrukturierung zeigt eine DLZ von 0,7 Tagen. Einen rel. großen Anteil an der gesamten Durchlaufzeit entfällt auf den quasi externen Prozess



Diagramm 7: Anteile an der Durchlaufzeit (Halsstück)

Eine Verkürzung der Durchlaufzeit ist u.a. durch die Überlappung der Arbeitsgänge möglich, wobei die Verkürzung in der theoretischen Betrachtung bei 6,6 % liegt. Da der gesamte Fertigungsbereich auf 20 Tage eingestellt ist, würde die Verkürzung der DLZ im Endeffekt keinen relevanten Einfluss auf die Lieferfähigkeit haben. Sollte die DLZ verringert werden, so ist der gesamte Fertigungsbereich zu betrachten, da nicht standardisierte Prozesse zumeist zusätzliche Kosten verursachen. So kann sich ein einzeln betrachteter Prozess optimal darstellen, aber in der Gesamtbetrachtung das System verschlechtern (z.B.: Anstieg der Rüstkosten). Zudem würde die Nutzung der Gerätschaft des Strahlprozesses eine eigene Planung erfordern, da diese von mehreren Teams sequentiell, nach Bedarf genutzt wird.

Die nachfolgende Diagrammdarstellung zeigt die maximale Verkürzung von 6,35 Stunden auf 90,1 Stunden durch die Überlappung der Arbeitsgänge. Der Berechnung liegen die Daten der Wertstromanalyse zugrunde, wobei die Produktionsmenge n bei 500 Stück liegt und die optimalen Mengen für die Überlappung mit n_1 von 463 Stück (blau) und die Menge n_2 von 37 Stück (grün) berechnet wurde. Im unteren Diagramm ist die Fertigung ohne Überlappung dargestellt, welche eine Durchlaufzeit von etwa 96,5 Stunden aufweist.

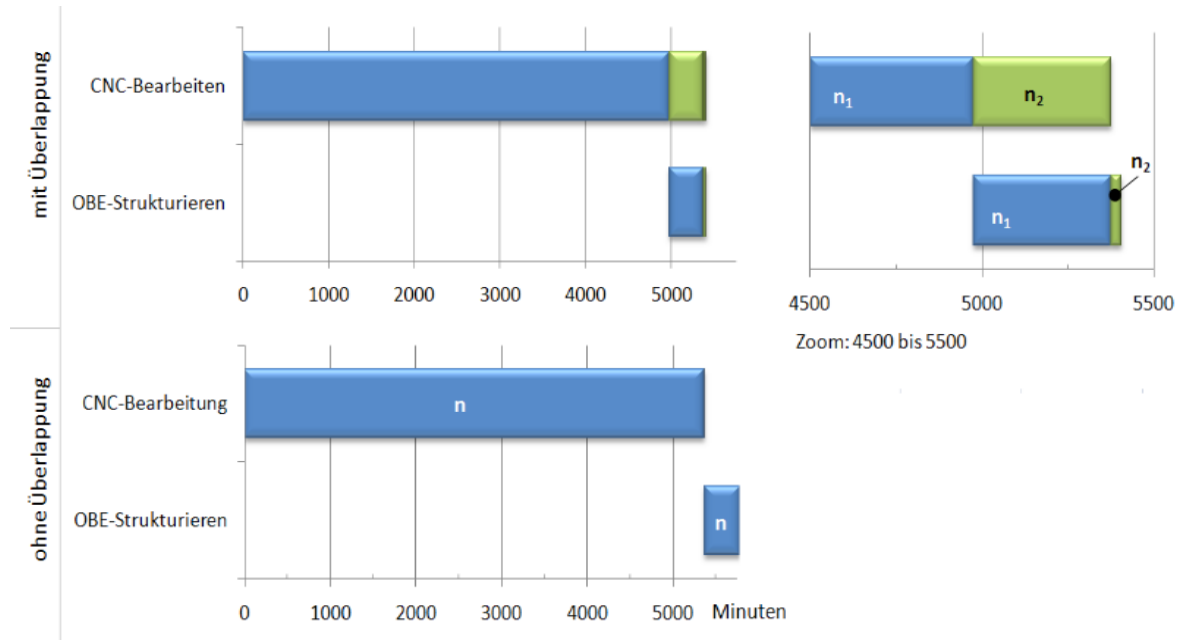


Diagramm 8: Überlappung der Arbeitsgänge

Wichtig bei der eingehenden Betrachtung der Fertigungsprozesse ist das Verhältnis von Rüstzeit zur Bearbeitungszeit.

So zeigt das Bauteil „Halsstück“ einen etwa elfprozentigen Rüstzeitanteil im gesamten Prozessdurchlauf. Der Großteil der Rüstzeit wird durch das Einrichten der CNC-Maschine verursacht, hierbei liegt der Rüstzeitanteil bei 13,15 %. Auffällig zeigt sich, dass im ERP-System lediglich drei Stunden anstatt der tatsächlichen zehn Stunden hinterlegt sind. Dies führt u.a. zu einer nicht unwesentlichen Verfälschung der tatsächlichen Produktionskosten des Bauteiles.

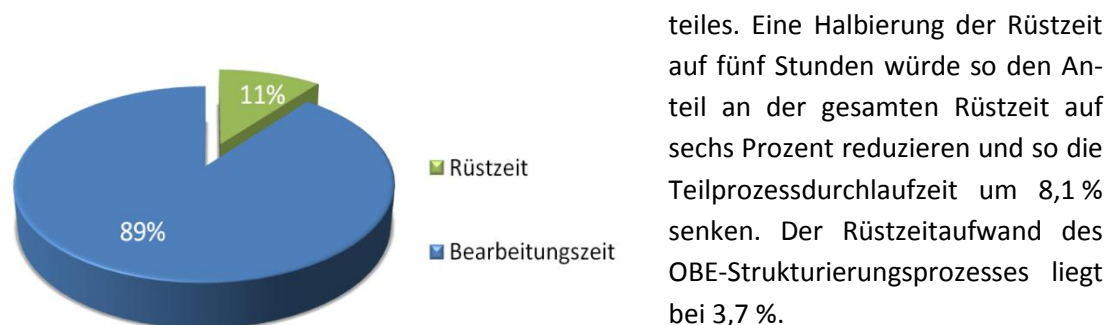


Diagramm 9: Verhältnis von Rüst- zu Bearbeitungszeit (Halsstück)

Die Auslastung des gesamten Fertigungsprozesses zeigt in der Nettobetrachtung einen Prozentsatz von 40,2. Der Kundentakt, welcher auf einer Arbeitszeit von sieben Stunden basiert, wurde um die verlängerte Betriebszeit des Fertigungsbereiches erweitert, sodass der prozessspezifische Kundentakt nun bei 25,71 Minuten je Stück liegt.

$$A_{Netto} = \frac{BZ}{KT_{Prozess}} = \frac{10,33}{25,71} \cdot 100 = 40,2 \%$$

Formel 22: Netto-Auslastungsgrad Fertigung (Halsstück)

Der Bruttoauslastungsgrad, welcher die Rüstzeiten berücksichtigt, zeigt einen Wert von 45 %, hierbei wurde zudem die Ausschussquote in der Losgröße (LG) mitberücksichtigt.

$$A_{Brutto} = \frac{BZ + \frac{RZ}{Lg}}{KT_{Prozess}} = \frac{10,33 + \frac{615}{500}}{25,71} \cdot 100 = 45,0 \%$$

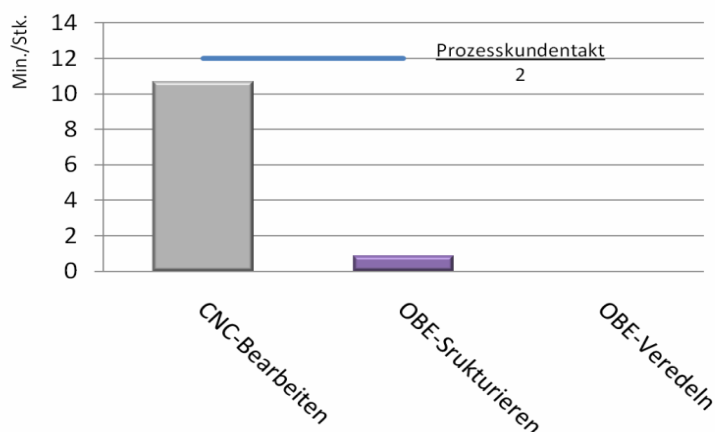
Formel 23: Brutto-Auslastungsgrad Fertigung (Halsstück)

Der Flussgrad des Fertigungsprozesses liegt bei 43 %. Nicht berücksichtigt wurde die Bearbeitungszeit des Oberflächenveredelungsprozesses, da dieser, wie bereits beschrieben, als externer Prozess anzusehen ist. Die Summe der Bearbeitungszeiten zeigt einen berechneten Wert von etwa 86 Stunden, welcher bereits die Mehrproduktion aufgrund der Ausschussquoten berücksichtigt. Die Reichweite des Bestandes wurde in die Berechnung mit der Laufzeit des Fertigungsrades (20 Tage) determiniert und mit der entsprechenden täglichen Arbeitszeit multipliziert.

$$Fg = \frac{\sum BZ \text{ bzw. } PZ}{\sum RW \cdot \text{Arbeitszeit/Tag}} = \frac{85,97}{20 \cdot 10} \cdot 100 = 43 \%$$

Formel 24: Flussgrad Fertigung (Halsstück)

Die Taktbestimmung stellt den Zeitbedarf der jeweiligen (Teil-)Prozessschritte gegenüber. Das betrachtete Bauteil wird in drei Prozessschritten hergestellt. Im Allgemeinen wird im Unternehmen die möglichst komplette Bearbeitung auf einem Maschinensystem angestrebt um Schnittstellen, Lager, Durchlaufzeiten und potentielle Fehlerquellen möglichst gering zu halten. Für die Taktabstimmung sind prinzipiell die Prozesse CNC-Bearbeitung und OBE-Strukturieren interessant, wobei hier die CNC-Bearbeitung als Schrittmacherprozess fungiert, da dieser der maßgebende Prozess ist, welcher auch vom ERP-System verwaltet bzw. geplant wird. Die Strukturierung der Oberfläche ist im Team integriert und dauert, bezogen



auf die Laufzeit des CNC-Automaten, relativ kurze Zeit, somit gestaltet sich die Taktabstimmung schwierig. Als Pitch-Intervall bietet sich der halbe Prozesskundentakt mit zwölf Minuten je Stück an.

Diagramm 10: Taktbestimmung Fertigung (Halsstück)

Prinzipiell erscheint es möglich den Teilprozess der Strukturierung in den CNC-Bearbeitungsprozess direkt zu integrieren, sodass die täglich produzierte Menge auch täglich strukturiert und an den Veredelungsprozess weitergereicht wird, hierzu müssen aber die Voraussetzungen sowohl bei dem Prozess „OBE-Strukturieren“ als auch beim quasiexternen Prozess „OBE-Veredeln“ gegeben sein. Im optimalen Fall wäre somit eine Durchlaufzeit für ein Einzelteil von etwa zwei Tagen möglich; wobei die Losgröße (Reichweite 20 Tage) gleich bleiben sollte um den Rüstkostenanteil nicht unnötig zu erhöhen. Der Transportaufwand würde sich gleich den Einlagerungsvorgängen in der Montage entsprechend erhöhen.

Der Wertstrom des Bauteils „Zahnrad“ wurde stellvertretend für diverse Antriebselemente ausgewählt. Die Zahnräder werden nach dem Zerspanungsprozess, welcher auf einer CNC-Maschine erfolgt, einer technischen Wärmebehandlung unterzogen. Diese wird von einem auf Wärmebehandlungen spezialisierten Unternehmen durchgeführt. Durch den Prozess der Wärmebehandlung werden die Festigkeits- und Härteeigenschaften des Werkstoffes verändert bzw. entsprechend der Vorgaben angepasst. Dieser Prozess hat i.d.R. eine leichte Dimensionsänderung der Bauteile, welche oftmals auch als Härteverzug bezeichnet wird, zur Folge. Aufgrund dieser Eigenschaft müssen Teile mit genauen Maßen, welche enge Toleranzen besitzen, nachgearbeitet werden. Dies geschieht i.d.R. durch einen Schleifprozess, da eine spanende Bearbeitung nur mit einem enorm hohen Aufwand möglich wäre.

Die gesamte Durchlaufzeit durch den Fertigungsprozess beträgt 20 Tage, dies entspricht dem Rhythmus des Fertigungsrades. Maßgebend stellt sich der CNC-Fertigungsprozess dar, welcher den gleichen Prinzipien des „Halsstücks“ folgt und als Schrittmacherprozess fungiert. Zur Kompensation der Ausschussquote müssen an der CNC-Maschine 554 Teile und an der Schleifmaschine 539 Teile gefertigt werden, um den tatsächlichen Bedarf von 528 Stück decken zu können.

Die Bearbeitungszeit für den CNC-Bearbeitungsprozess liegt bei 5,14 Tagen, bezogen auf eine Losgröße von 539 Stück. Die gefertigten, versandbereiten Teile werden von einem in zwei Tagesrhythmen fahrenden Shuttledienst zur Wärmebehandlung abgeholt bzw. zurückgebracht. Für den Wärmebehandlungsprozess selbst ist ein Zeitfenster von 5 Tagen vorgesehen, sodass die Teile nach sieben Tagen wieder in den internen Fertigungsprozess zurückkehren. Die zurückkommenden Zahnräder werden i.d.R. noch am selben Tag geprüft und der Wareneingang entsprechend gebucht, sodass sich eine maximale Durchlaufzeit von einem Tag ergibt. Der Mitarbeiter des teileverantwortlichen Teams übergibt die Teilepaletten mitsamt dem Produktionsauftrag dem Schleifprozess, welcher nicht im Kompe-

tenzbereich des Teams ist. Die Durchlaufzeit durch den Prozess liegt bei sieben Tagen wobei ein Zeitpuffer von fünf Tagen eingerechnet ist. Das nachfolgende Tortendiagramm zeigt die prozentualen Anteile der Durchlaufzeit der einzelnen Teilprozesse.

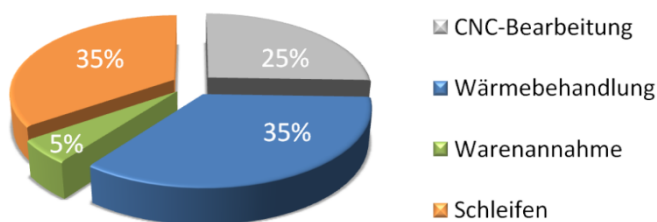
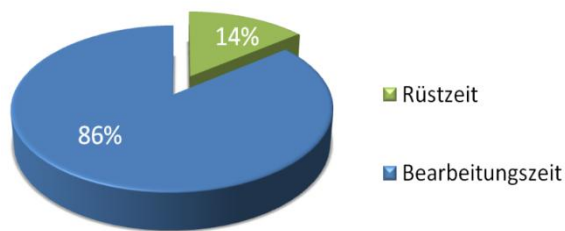


Diagramm 11: Anteile an der Durchlaufzeit (Zahnrad)

Eine Verkürzung der Durchlaufzeit kann durch eine Mengen- oder Zeitsplittung erreicht werden, die Überlappung von Arbeitsgängen erscheint hierbei als wenig zielführend. Durch einen Mengensplitt des CNC-Bearbeitungsprozesses von 50 % kann die Durchlaufzeit um etwa zwei Tage verkürzt werden. Eine Verminderung der Produktionsstückzahl scheint als suboptimal, da der Rüstanteil am CNC-Bearbeitungsprozess bei 17,1 % liegt. Dieser sehr hohe Wert sollte nach Möglichkeit verringert werden, dies ist prinzipiell durch eine Reduktion des Rüstaufwandes oder durch eine Erweiterung der Losgröße oder durch eine Kombi-



nation beider Prinzipien möglich. Der Rüstkostenanteil des Schleifprozesses liegt bei einem Wert von 14,4 %, welcher auch als hoch einzustufen ist. Über den gesamten Wertstrom gesehen zeigt das Zahnrad ein Verhältnis von Bearbeitungszeit zu Rüstzeit von etwa 6:1.

Diagramm 12: Verhältnis von Rüst- zu Bearbeitungszeit (Zahnrad)

Der Nettoauslastungsgrad zeigt einen Wert von lediglich 25,9 % indem die reine Bearbeitungszeit von 5,33 Minuten dem prozessspezifischen Kundentakt von 20,57 Minuten gegenübersteht.

$$A_{Netto} = \frac{BZ}{KT_{Prozess}} = \frac{5,33}{20,57} \cdot 100 = 25,9 \%$$

Formel 25: Netto-Auslastungsgrad Fertigung (Zahnrad)

Unter Berücksichtigung der Rüstzeit je produziertem Stück und der Ausschussquoten zeigt der Bruttoauslastungsgrad einen Wert von 30,1 %.

$$A_{Brutto} = \frac{BZ + \frac{RZ}{LG}}{KT_{Prozess}} = \frac{5,33 + \frac{360}{554} + \frac{120}{539}}{20,57} \cdot 100 = 30,1 \%$$

Formel 26: Brutto-Auslastungsgrad Fertigung (Halsstück)

Die Auslastungsgrade lassen erkennen, dass die Prozesse eine rel. große Menge an Reserven bzw. Potential beinhalten. Maßgeblicher Faktor für diese Prozentsätze ist der prozessspezifischen Kundentakt im Nenner der Formel, so würde sich bei steigender Nachfrage der Kundentakt verringern und in Folge die Auslastung überproportional ansteigen, da sich der verringerte Rüstkostenanteil je produziertem Stück positiv auswirkt.

Der Flussgrad des Fertigungsprozesses wurde mit 30,51 % berechnet wobei die Wärmebehandlung als externer Prozess unberücksichtigt bleibt, einbezogen wurden jedoch die Ausschussgrade. Als Reichweite wurde in Analogie zum Halsstück der Zyklus des Fertigungsrades mit 20 Tagen in die Berechnung eingesetzt und mit der täglichen Arbeitszeit von acht Stunden ergänzt.

$$Fg = \frac{\sum BZ}{\sum RW \cdot \text{Arbeitszeit}/\text{Tag}} = \frac{48,81}{20 \cdot 8} \cdot 100 = 30,51 \%$$

Formel 27: Flussgrad Fertigung (Zahnrad)

Die Taktbestimmung gestaltet sich ähnlich der des Halsstückes, so ist auch bei diesem Bauteil der CNC-Bearbeitungsprozess dominant. Aufgrund der vorliegenden Gegebenheiten erscheint auch beim Zahnrad kaum Potential in der Taktabstimmung. Als Schrittmacherprozess bietet sich der CNC-Bearbeitungsprozess mit einem Pitch-Intervall von etwa einem Viertel des Prozesskundentaktes von fünf Minuten an.

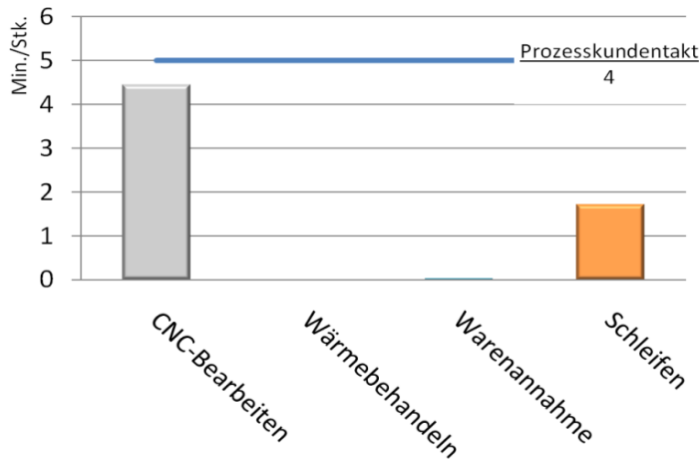


Diagramm 13: Taktbestimmung Fertigung (Zahnrad)

Zusammenfassend zeigen die Wertströme in Bezug auf den Informationsfluss einen wesentlich höheren Komplexitätsgrad, verglichen zum Wertstrom der Montage.

Der Materialfluss zeigt sich im Vergleich zum Montagewertstrom weitaus weniger komplex da lediglich drei bzw. vier Bearbeitungsprozesse sequentiell, seriell aufeinander folgen. Schwierig gestaltet sich eine Abstimmung der Prozesse in zeitlicher Hinsicht, da die Prozessfolgen aufgrund technischer Restriktionen nicht verändert werden können. Eine Möglichkeit zur Verkürzung der Durchlaufzeit ist die Splittung oder Überlappung der Arbeitsaufträge, sodass nachfolgende Prozesse früher begonnen werden können. Um die Verkürzung effizient nutzen zu können ist hierbei die Betrachtung der Eingliederung im Gesamtsystem unabdingbar, dies gestaltet sich insbesondere durch die hohe Anzahl von etwa 700 Produkten bzw. Produktvariante als schwierig.

3.3) Wertstromdesign

Der Begriff Wertstromdesign steht für eine gesamtheitliche Betrachtung des Wertstromes, welcher die gesamte Wertekette der betrieblichen Leistungserstellung (vom Rohstoffherzeuger bis hin zum Endkunden) betrachtet. Systematisch baut die Methode auf die Wertstromanalyse auf, welche die Wertstromaufnahme und die Potentialanalyse beinhaltet. Als Optimierungshilfe für das Wertstromdesign stehen die Gestaltungsrichtlinien, welche unter dem Punkt >> 2.3.2) Zielsetzung - Gestaltungsrichtlinien << erläutert sind, zu Verfügung und geben die prinzipielle Ausrichtung der Methode vor.

Im betrachteten medizintechnischen Produkt „Winkelstück“ liegen zwei prinzipiell unterschiedliche, relevante Wertströme vor. In den Wertstrom der Montage, welcher in Tagesproduktion arbeitet, fließen die Teilwertströme der Fertigung, welche rollierend im 20 Tagesrhythmus arbeitet, kontinuierlich ein. Der Versandprozess bietet, bezogen auf die anderen Prozesse relativ wenig an Potential, daher wird dieser nachfolgend sekundär betrachtet.

Die Potentialanalyse zeigt, dass eine detaillierte Betrachtung des Gesamtsystems bzw. -Wertstroms nicht möglich ist, da der Komplexitätsgrad enorm hoch ist. Die Optimierung des gesamten Produktionssystems hat somit in iterativer Form der Teilwertströme zu erfolgen, wie in der Wertstrommethode üblich. Es erscheint möglich einzelne Bereiche bzw. Produkte sukzessive durch eine isolierte Optimierung der Teilwertströme zu verbessern, ohne den übrigen betrieblichen Ablauf negativ zu beeinflussen.

Gesamt-Wertstrom

Die Darstellung des Gesamtwertstroms, welche aus den betrieblichen Prozessbeschreibungen abgeleitet wurde, zeigt eine gut strukturierte und übersichtliche Form. Das Verbesserungspotential liegt hierbei vorrangig in der Einhaltung der Vorgaben, so dass die Teilwertströme mit größtmöglicher Effizienz arbeiten und nicht unnötig Ressourcen verbraucht werden. Die 20-tägig rollierende Fertigung bietet den Vorteil der relativ einfachen EDV-technischen Planung, zeigt sich aber bspw. im Verhältnis von Rüstzeit zu Ausführungszeit wie im Beispiel Zahnrad gezeigt, als verbesserungswürdig.

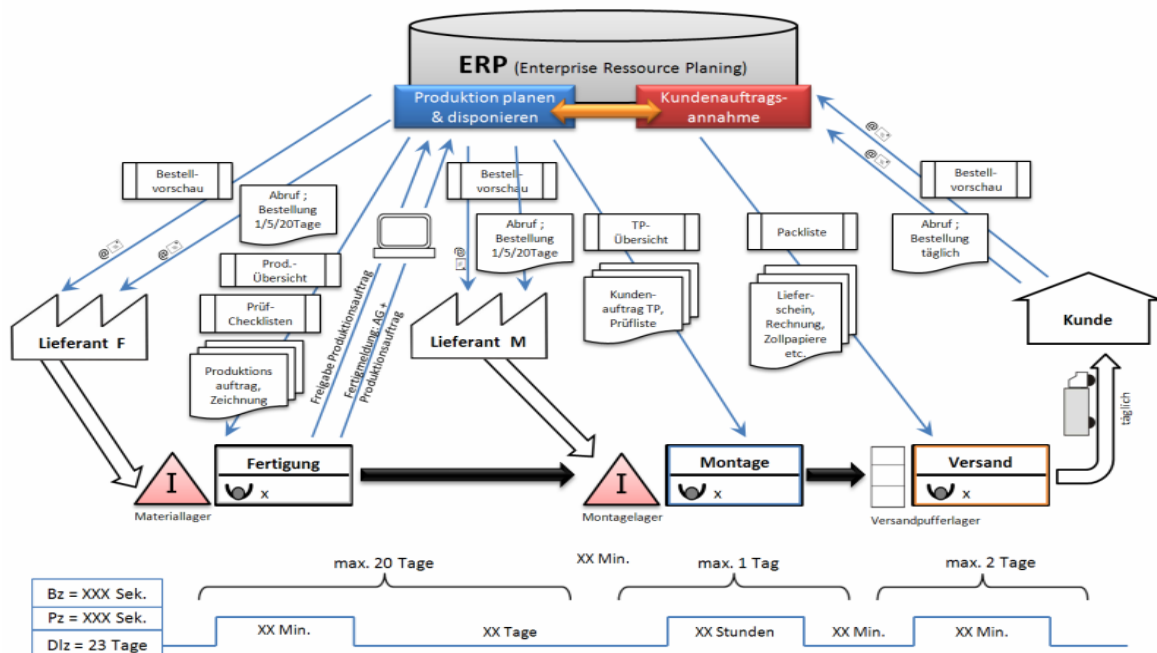


Abbildung 47: Wertstromdesign (Gesamtwertstrom)

Montage-Wertstrom

Die Aufnahme des Montagewertstroms zeigte eine relativ komplexe Struktur durch zahlreiche parallel laufende Teilprozessschritte mit entsprechenden Beständen. Die Summe der vorgebauten nicht im EDV-System erfassten Bestände reichen, wie im Falle des „Kupplungsrohres kpl.“ 26,3 Tage, die Reichweiten der ausgewählten hochwerthaltigen Zulieferteile liegen bei bis zu 74,3 Tagen.

Der Auslastungsgrad liegt sehr hoch bei etwa 94 %, wobei sich der Flussgrad lediglich bei 13,8 % zeigt. Im Zuge der Potentialanalyse wurde der Prozess der Endprüfung als Schrittmacherprozess identifiziert, von dem aus der Pitch-Intervall von $KT/3 = 360$ Sekunden festgelegt wurde, welcher zur Abstimmung der Arbeitstakte notwendig ist. Der Schrittmacherprozess stellt zudem den direkten Engpass im Montagesystem dar, weiters konnte der Beschriftungsprozess als indirekter Engpass, durch die gemeinsamen Nutzung und den daraus resultierenden Abstimmungsschwierigkeiten identifiziert werden.

Durch eine geeignete Abstimmung der Arbeitstakte bzw. durch ein Zusammenfassen von Arbeitsschritten zu insgesamt vier Teilprozessen kann die Montage des Winkelstückes rel. gut am Pitch-Intervall ausnivelliert werden.

Teil-Montage A		Bz+Rz [Sek.]	Kumuliert
Kopf kpl. montieren		120	120
Obertrieb montieren		31	151
Druckkappe montieren		46	196
Halsstück kpl. montieren		90	286
Mitteltrieb kpl. montieren		45	331
Teil-Montage B		Bz+Rz [Sek.]	Kumuliert
Mitnehmer kpl. montieren		80	80
Kupplungsrohr kpl. montieren		77,5	158
Endmontage		90	248
End-Prüfung		Bz+Rz [Sek.]	Kumuliert
Endprüfen		360	360
Beschriften + Verpacken		Bz+Rz [Sek.]	Kumuliert
Beschriften		38	38
Verpacken		45	83

am Pitch-Intervall ausnivelliert werden.

Der erste Block an zusammengefassten Arbeitsschritten, welcher als „Teil-Montage A“ bezeichnet ist, baut die Komponenten Kopf, Halsstück und Mitteltrieb. In der Komponente „Kopf kpl.“ sind die Unterbaugruppen „Obertrieb“ und „Druckkappe“ enthalten. Mit diesem Takt wird der vordere Teil des Winkelstücks aufgebaut, dies beansprucht 331 Sekunden.

Tabelle 8: Taktabstimmung „Montage“

Die Zusammenfassung der Arbeitsgänge „Mitnehmertrieb kpl.“ und „Kupplungsrohr kpl.“ montieren benötigen etwa 160 Sekunden. Mit dem Abschluss dieser Arbeiten sind alle Bestandteile des Winkelstücks in Komponenten verbaut, welche in einem Schritt, den der Endmontage assembliert werden. Die notwendige Zeit für diesen Montageschritt liegt bei zusätz-

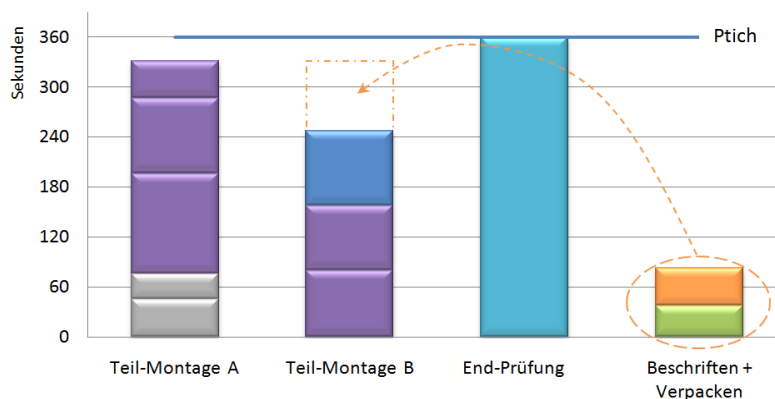


Diagramm 14: Taktabstimmung „Wertstromdesign-Montage“

lichen 90 Sekunden, so dass die gesamte Taktzeit etwa 250 Sekunden aufweist.

Der Schrittmacherprozess, welcher den primären Engpass darstellt, benötigt 360 Sekunden.

Die Zusammenfassung der restlichen Teilprozessschritte „Beschriften“ und „Verpacken“ bilden den letzten Takt der einen Zeitbedarf von 83 Sekunden aufweist.

Wird der Takt „Beschriften und Verpacken“ der „Teil-Montage B“ zeitlich zugeordnet bzw. integriert, so weist dieser dann eine Taktzeit von 330 Sekunden auf, welche nahezu gleich der „Teil-Montage A“ ist. Unter dieser Betrachtung werden die Takte auf drei Stück reduziert, welche sehr nahe am Pitch-Intervall liegen. Die prinzipielle zeitliche Zuteilung kann aufgrund der Möglichkeit der parallelen Vormontage und der täglich rollierenden Montage durchgeführt werden. So können zu Arbeitsbeginn erst die Beschriftung und Verpackung der Instrumente des Vortages durchgeführt werden, bevor der erneute Montagezyklus startet (siehe nebenstehende Prinzipdarstellung).

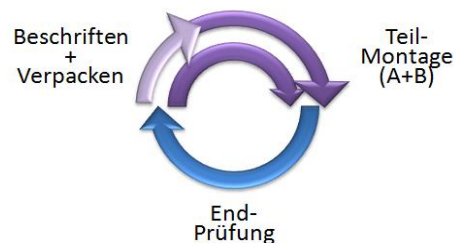


Abbildung 48: „Drei Taktsystem“

In der Annahme, dass keine weitere Verschwendung auftritt und keine vorgebauten Komponenten existieren, ergibt sich ein Flußgrad von 97,14 % welchen es anzustreben gilt. Der Auslastungsgrad des gesamten Montageprozesses bleibt mit etwa 94 % bestehen.

$$Fg_{Montage} = \frac{\sum BZ}{\sum RW \cdot Arbeitszeit/Tag} = \frac{\frac{17}{60} \cdot 24}{1 \cdot 7} \cdot 100 = 97,14 \%$$

Formel 28: Berechnung des Montage-Flussgrades

Der Flussgrad lässt sich, bezogen auf die Winkelstückmontage unter Berücksichtigung der Lagerreichweiten, mittels einer ermittelten mathematischen Funktion der Reichweite berechnen.

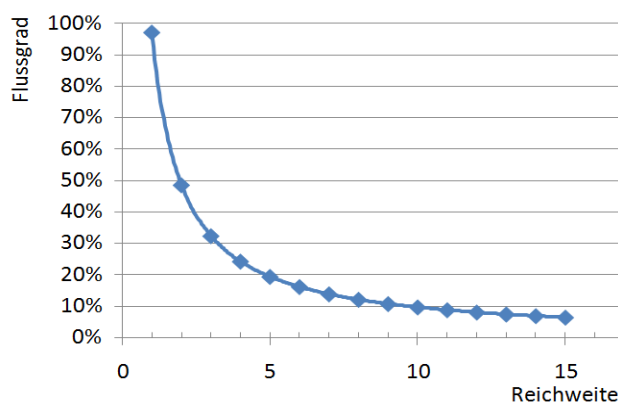


Diagramm 15: Flussgrad als Funktion der Reichweite

$$Fg_{(Rw)} = \frac{0,9714}{Rw} \cdot 100$$

Formel 29: Flussgrad als Funktion der Reichweite

Die Gestaltung des Wertstroms, gemäß der u.a. von Klaus Erlach vorgeschlagenen Richtlinien, zeigt in der ersten Richtlinie in der *Ausrichtung am Kundentakt* eine weitgehende Übereinstimmung, da die Montage kundenauftragsbezogen in Tagesportionen arbeitet. Das in der Wertstrommethode favorisierte „One-Piece-Flow“ Prinzip erscheint zwar erstrebenswert ist aber aufgrund der hohen Anzahl von Einzelteilen, welche in Baugruppen zusammenzufassen sind nicht zielführend. Dieses System würde die Verschwendung durch fehlende Skaleneffekte erhöhen, daher erscheint es sinnvoll die benötigten Komponenten in Chargenform zu montieren.

Wesentlich besser zum System passend zeigt sich das Konzept des „*First In – First Out*“.

Diese Vorgehensweise erlaubt auch die teilweise parallele Teil-Montage der Komponenten, welche zu einem Winkelstück in der Endmontage zusammenfließen und gemäß FIFO-Regelung über die Endprüfung und Beschriftung an den Verpackungsprozess weitergereicht werden können.

Die *Kanban-Regelung* der vierten Gestaltungsrichtlinie zeigt sich mehr oder weniger als „überholt“, da im derzeitigen Produktionssystem kein Karten-Handling notwendig ist. Dennoch kann der Produktionsauftrag dem Prinzip nach als Entnahme-Kanban angesehen werden, da er die Entnahme der erforderlichen Teile für die ausgeschriebene Produktion der Winkelstücke erlaubt. Diese werden beim Ausschreiben des Auftrages durch das ERP-System automatisch vom Lagerbestand abgebucht, sodass für das Montagepersonal im Standardfall keine Buchungen notwendig sind.

I.d.R. wird die End-Prüfung von einem langjährig erfahrenen Mitarbeiter durchgeführt, da insbesondere für subjektive Qualitätseinschätzungen eine Menge an Erfahrung notwendig ist. Die Montagetätigkeiten der Teil-Montage können auch von weniger versiertem Personal, wie bspw. einen temporären aus dem Kapazitätsausgleich ausgeliehenen Mitarbeiter durchgeführt werden. Dies bedeutet schließlich, dass der Teilprozess der End-Prüfung letztendlich den *Engpass* darstellt und auch als *Schrittmacherprozess* fungieren kann. Dadurch, dass Schrittmacher- und Engpassprozess gleich sind, ist es zweckmäßig den *Pitch-Intervall* mit der Bearbeitungszeit dieses Prozesses zu koppeln. Der *Produktionsausgleichsmix* wie in der siebten Gestaltungsrichtlinie vorgeschlagen erlangt keine Relevanz, da sich die Varianten im Wesentlichen erst durch die unterschiedlichen Beschriftungen ergeben.

Die Forderung nach der *Steuerung am Engpass* erscheint sehr sinnvoll, da sichergestellt sein muss, dass die End-Prüfung entsprechend durchgeführt werden kann. Für die Erfüllung der Tagesportion ist das Montageteam eigenverantwortlich, es gilt die Prämisse „das Tagesgeschäft eines Teams muss eingriffsfrei funktionieren“. Um dieses Funktionieren sicherstellen zu können, ist zum einen eine Systemobergrenze von 130 % für die Einsteuerung der Produktionsaufträge vorgesehen, zum anderen steht der montageübergreifenden Kapazitätsausgleich hierzu zu Verfügung.

Die *Trennung von Materialfluss und Produktion*, wie in der zehnten Gestaltungsrichtlinie gefordert, sorgt durch den Wegfall der unterstützenden und logistischen Produktionsanteile für Transparenz im Produktionssystem. Dies steht in Konflikt mit der Prämisse, dass der Verantwortungsbereich über möglichst weite Prozessstrecken in einer Hand, respektive in einem Team liegen sollte.

Die elfte und letzte Gestaltungsrichtlinie widmet sich der Layoutgestaltung. Die Anordnung der Arbeitsplätze sollte so gestaltet sein, dass dies dem Flussprinzip entspricht. Die derzeitige Arbeitsplatzanordnung ist zwar in einer Linie angeordnet wobei die einzelnen Teilprozess-Montageplätze eher willkürlich angeordnet zu sein scheinen, diese sollten entsprechend der aufeinander folgenden Teil-Montageschritten umgehend angepasst werden.

Die nachfolgende Wertstromsollskizze zeigt den optimierten Wertstrom der Montage des betrachteten Winkelstücks.

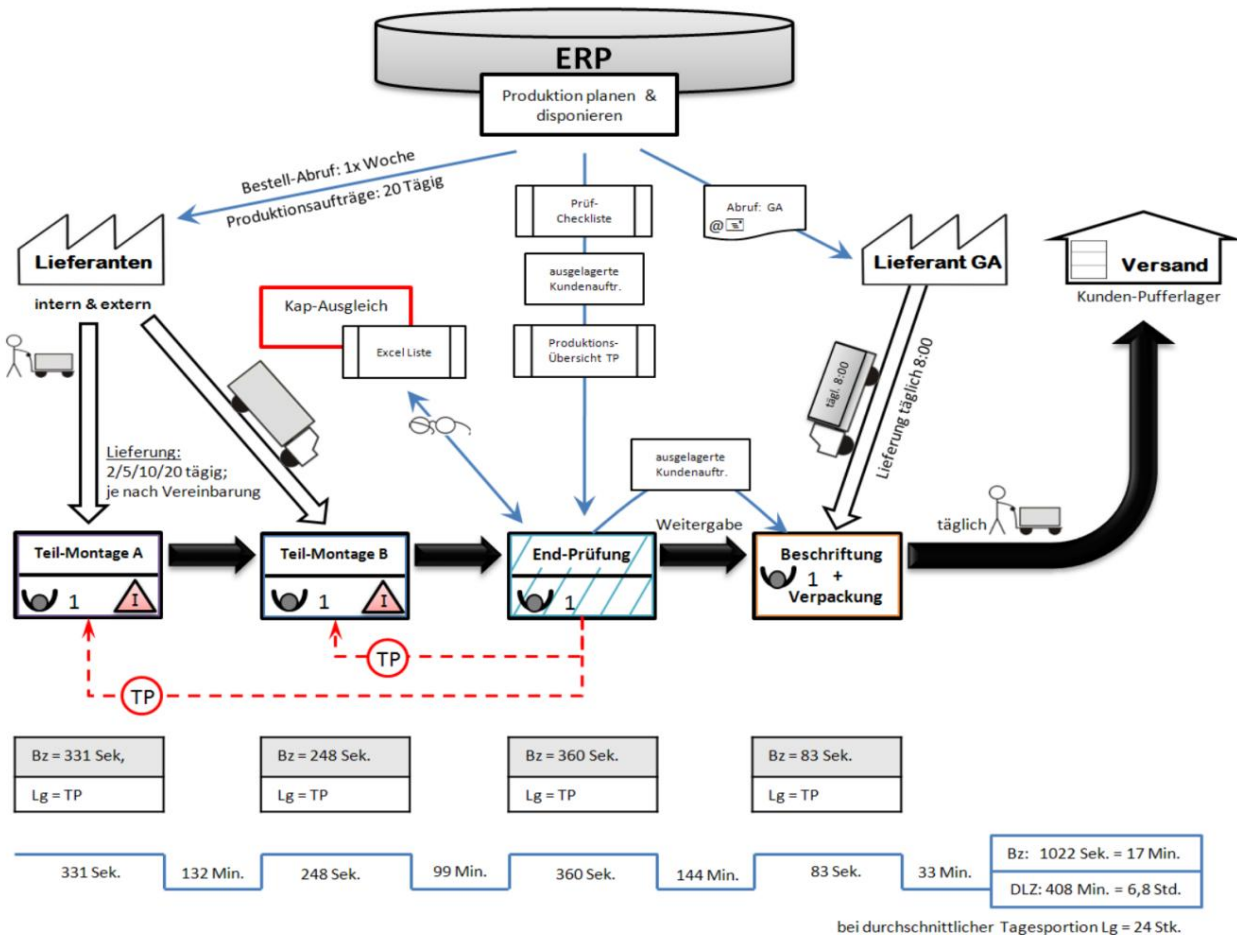


Abbildung 49: Wertstromskizze „Montage neu“

Mit der Dargestellten Form des Wertstroms konnte eine Vielzahl an „unkoordinierten“ Prozessabläufen durch die Zusammenlegung von Arbeitsschritten beseitigt werden. Die Reichweiten der Bestände konnten auf ein Minimum reduziert und dadurch der Flussgrad wesentlich erhöht werden, sodass die Montage in der Lage sein sollte die Winkelstücke „tatsächlich“ in Tagesproduktion zu Produzieren zu können.

Fertigungs-Wertstrom

Die Potentialanalyse der Fertigungswertströme der Bauteile Halsstück und Zahnrad zeigt, dass die Struktur und somit der Materialfluss, hervorgerufen durch die technisch notwendige Abfolge der einzelnen Arbeitsgänge eindeutig definiert ist. Eine prinzipielle Veränderung der Arbeitsschritte bzw. Takt ist somit nicht oder nur sehr bedingt möglich. Die Durchlaufzeit der betrachteten Bauteil liegt nahe dem Rhythmus des Fertigungsrades. Die Menge der zu produzierenden Teile ist direkt abhängig vom Kundenbedarf bzw. Verbrauch der letzten 20 Tage, so dass die *Ausrichtung am Kundentakt* gegeben ist.

Durch die Fertigung der Teile gemäß dem Prinzip „*One-Piece-Flow*“ erscheint auf Grund des teilweise relativ hohen Rüstzeitanteils als nicht sinnvoll. Die Verkoppelung der Produktionsprozesse durch das Prinzip „*First In - First Out*“ scheint wesentlich besser geeignet, wobei bspw. bei den Zahnrädern die produzierte Reihenfolgen nur zum Teil rückverfolgbar ist, da bspw. die Wärmebehandlung im Schüttgutverfahren durchgeführt wird und somit eine Reihung verloren geht.

Die vierte Gestaltungsregel des Wertstromdesigns sieht im Prinzip den Austausch von normalen Lagern zu Kanban-Lagern vor. Im Unternehmen sind keine klassischen *Kanban-Lager* integriert, die Einführung solcher Lager mit dem zugehörigen Kanban-Karten erscheint nicht als Fortschritt, da das Handling der Karten verglichen zum derzeitigen System „veraltet“ wirkt. Die Freigabe des Produktionsauftrages erlaubt dem Mitarbeiter die freie Entnahme des benötigten Materials aus dem Lager, ohne zusätzlichen Buchungsaufwand. Aufgrund von Taktabstimmungen zwischen den einzelnen Fertigungsprozessen ergeben sich Pufferlager, direkte Lager für Bauteile existieren im Fertigungsbereich keine.

Als *Schrittmacherprozess* eignen sich jene Bearbeitungsprozesse, welche auf CNC-Maschinen ausgeführt werden, da diese den prinzipiellen Engpass bilden und zudem den größten Anteil der maschinellen Bearbeitungszeit inne haben.

Die Festlegung des *Pitch-Intervalls* an einer Behältergröße, wie in der Literatur oftmals vorgeschlagen erscheint nicht sinnvoll, besser zeigt sich die Festlegung des Pitch mit der Bearbeitungszeit des Schrittmacherprozesses.

Ein *Produktions-Ausgleichmix*, wie in der Gestaltungsregel sieben gefordert, erscheint als i.d.R. nicht realisierbar, da die Umrüstzeiten und somit die damit verbundenen Kosten exorbitant ansteigen würden. Insbesondere in der Optimierung der Rüstzeiten liegt ein wesentlicher Anteil des Verbesserungspotentials verborgen, da insbesondere der Anteil von Rüstzeit zur reinen maschinellen Bearbeitungszeit bei den betrachteten Teilen sich sehr hoch zeigte (bis 17,1 % beim Zahnrad). Werte von über zehn Prozent gelten im Allgemeinen als zu hoch und sollten umgehend reduziert werden. Zum einen kann dies durch die Reduktion der Rüstzeiten erfolgen, hierbei spielt sowohl die Rüst-Reihenfolge bzw. die Zuteilung der zu fertigenden Teile auf dem Maschinensystem, als auch die verwendeten Werkzeuge und Vorrichtungen eine wesentliche Rolle. Zum anderen kann der Rüstzeitanteil durch die Ausdehnung der Losgrößen, welche sich generell betrachtet eher ungünstig auf das Gesamtsystem auswirkt, verbessert werden.

Das ERP-System steuert im Wesentlichen nur den Schrittmacherprozess der i.d.R. den Engpass darstellt, sodass die achte Gestaltungsregel der „*Engpass-Steuerung*“ Anwendung findet. Aufgrund der Deckungsgleichheit von Schrittmacherprozess und Engpass kann die neunte Gestaltungsregel, der *Reihenfolgebildung durch Restriktionen*, als sekundär betrachtet werden.

Die zehnte Gestaltungsregel, der *Trennung von Produktion und Materialfluss*, sieht die Trennung von wertschöpfenden Tätigkeiten und unterstützenden, logistischen Tätigkeiten vor. Diese Regel ist zum Teil bereits angewandt, so hat das „Führungsteam“ den Rahmen so zu gestalten, dass das Tagesgeschäft eingriffsfrei funktioniert, so fällt bspw. die rechtzeitige Materialanlieferung in den Kompetenzbereich des Führungsteams. Innerhalb seines Bereiches hat das Fertigungsteam die Verantwortung über die gesamte Fertigungsprozessstrecke (bzw. über einen möglichst weiten Bereich) und ist somit auch für die unterstützenden, logistischen Tätigkeiten verantwortlich. Diese Prämisse steht infolge dessen in direktem Konflikt mit dieser Gestaltungsrichtlinie.

Das *flussorientierte Ideallayout* bzw. die ideale Anordnung der Bearbeitungsmaschinen gestaltet sich als komplexe Herausforderung. Aufgrund der hohen Anzahl an unterschiedlichen Teilen, welche oftmals unterschiedliche Bearbeitungsschritte erfahren, der gemeinsam von mehreren Teams genutzten Fertigungsprozesse und der Entwicklungsdynamik, ist die ideale Anordnung des Layouts meist nicht möglich. Betriebswirtschaftlich sinnvoll erscheint die Bildung von Kompetenzbereichen, welche ähnlich Prozessschritte bzw. –Abfolgen besitzen. Dadurch sollte es möglich sein, zum einen die Rüstzeiten durch eine optimierte Zuteilung der Teile (Taktung) und der gebündelten Teilekompetenz zu senken, und zum anderen Skaleneffekte durch eine standardisierte, effiziente Teilprozessgestaltung zur Geltung kommen lassen.

Durch die Potentialanalyse konnte festgestellt werden, dass insbesondere in der Reduktion der Rüstzeiten wesentliches Verbesserungspotential liegt. Hierzu wurden bereits einigen Maßnahmen, wie bspw. die Optimierung der Teilezuordnung zu den einzelnen Maschinensystemen bzw. der Rüstreihenfolgen, vorgeschlagen. Diese Änderungen stellen die Basis für den Prozess der weiteren, kontinuierlichen und nachhaltigen Verbesserung dar. Die weiterführende Betrachtung dieser Thematik würde den Rahmen dieser Arbeit bei weitem sprengen, daher wird diese Anpassung als Herausforderung an die Methode festgehalten, auf eine Design-Skizze des Fertigungswertstroms verzichtet, und die Thematik in dieser Diplomarbeit nicht mehr weiter bearbeitet.

3.4) Diskussion der Ergebnisse

Durch die Wertstromaufnahme können die effektiven Material- und Informationsflüsse im Unternehmen visualisiert werden, wobei die Datenerhebung der einzelnen Prozessschritte die Basis für Verbesserungen bietet. Die Potentialanalyse zeigt wesentliches Verbesserungspotential, u.a. durch die Bildung von Kennzahlen wie dem Auslastungsgrad oder dem Flussgrad auf. Im nachfolgenden Wertstromdesign des Montagewertstroms wurde eine erneute Wertstromskizze angefertigt, welche den künftigen Sollzustand bzw. Standard definiert.

Im betrachteten Unternehmen zeigte sich eine Menge von Aspekten, welche mit der Wertstrommethode in Einklang stehen und teilweise ein enormes Maß an Verbesserungspotential in sich bergen. Jene Aspekte, welche in konträrer Beziehung zwischen Wertstrommethode und Unternehmensausrichtung stehen, gelten als Hürde und Herausforderung für die Zukunft.

Potentiale und Herausforderungen

Die im Unternehmen „großgeschriebene“ Kundenorientierung kann durch die Einführung der Wertstrommethode weiter ausgebaut werden, da in der Wertstromsichtweise nicht nur der Endkunde als Kunde definiert ist, sondern auch Nachfolgeprozesse als Kunden der Vorgängerprozesse gelten. Eine der wesentlichen Herausforderungen bei der Einführung der Wertstrommethode ist die entsprechende Verankerung der Prinzipien in der Unternehmensphilosophie, welche im Unternehmen prinzipiell gegeben ist, aber dennoch methodenbezogen als Herausforderung anzusehen ist. Dieser Herausforderung gleichgestellt ist die, bei der Einführung der Methode notwendige, volle und ungeteilte Unterstützung durch das Management und in weiterer Folge aller Führungskräfte. Die ideologische Verankerung und ungeteilte Unterstützung der Methode in einem Unternehmen gelten als primäre Erfolgsfaktoren der Lean-Ausrichtung. Eine Großzahl an Firmen, welche an der Einführung der Wertstrommethode, respektive des Lean-Managements, gescheitert sind, hatten diese Aspekte nicht im ausreichenden Maße berücksichtigt.

Es erscheint notwendig, wie auch in der Literatur gefordert, einen Verantwortlichen zentralen Akteur zu bestellen, welcher sich als übergreifend als zuständige Person für den Veränderungsprozess verantwortlich zeigt. Dieser Wertstrommanager ist für die Einhaltung der „Spielregeln“, welche für das Funktionieren des Systems notwendig sind, verantwortlich. Hierzu benötigt jener bei der Umsetzung der Methode die entsprechenden Kompetenzen und den Rückhalt des gesamten Managements.

Die flache Unternehmenshierarchie zeigt sich tendenziell als vorteilig, wobei die Herausforderung in der Weitergabe der LEAN- bzw. verschwundungsarmen Wertstromphilosophie durch die rel. geringe Anzahl von „Leadern“ gegeben ist.

Die Prozessausrichtung ist im Unternehmen verhältnismäßig stark ausgeprägt. Dieses Denken und Handeln bietet gemeinsam mit der Wertstrommethode die Grundlage für langfristige Verbesserungen des gesamten Wertstroms bzw. des gesamten Unternehmens. Als Folge kann der Anteil an werthaltigen Elementen vermehrt und die Verschwendung signifikant reduziert werden, hierzu sind oftmals auch Investitionen notwendig.

Eine sehr wichtige Rolle kommt den Führungskräften vor Ort zu, welche primär für die Information und Motivation der Mitarbeiter zuständig sind und auch den „Leitgedanken“ entsprechend transportieren müssen. Um die Wertstrommethode erfolgreich anwenden zu können ist die „Führung vor Ort“ ein unverzichtbares und zum Teil das herausforderndste Instrument.

Mit der Einführung der Wertstrommethode lassen sich im ersten Ansatz offensichtliche Verbesserungen in rel. kurzer Zeit erzielen. Diese Grundlage und der davon abgeleitete Standard stellt für die nachfolgende, kontinuierliche Verbesserung den Ausgangspunkt dar. Die hierzu notwendige Zeit für den Ausbau und die Umsetzung der Standardisierung ist ein essentielles Element um einen nachhaltigen Charakter zu erlangen.

Anhand des Montagewertstroms konnte aufgezeigt werden, dass durch die Methodenprämisse der Vermeidung von Verschwendung, respektive durch die eindeutigen und transparenten Prozesse bzw. Material- und Informationsflüsse, bspw. die Durchlaufzeiten verkürzt und die Lagerbestände zum Teile enorm gesenkt werden können. Dies wiederum steigert die Flexibilität und Produktivität des Unternehmens.

Unnütz gebundenes Kapital wird bspw. durch die Reduktion bzw. der Elimination von Lagerbeständen erreicht. Der Platzbedarf im Unternehmen verringert sich, der Umlaufbestand von Teilen sinkt, sowohl bei steigender Umschlagshäufigkeit der Teile und Produkte, als auch des Kapitals, sodass sich die Gesamtkosten senken.

Die Prozesstransparenz steigert im Regelfall sowohl die Qualität der Produkte, als auch der Prozesse. Eine der Herausforderungen hierbei ist die Bildung von verständlichen und vor allem von „lebenden“ Kennzahlen bzw. Kennzahlensystemen, welche ebenso wie Prozesse in geeigneter Art und Weise vor Ort zu visualisieren sind und insbesondere die Mitarbeiter über ihre geleistete Aktivität informieren.

Im Fehlerfall werden jene, durch die transparenten Abläufe und der Vermeidung von Lagerbeständen, umgehend signifikant. Diese Fehler müssen raschest behoben werden und erfordern entsprechende Unterstützungsstrukturen, welche in Ansätzen vorhanden sind, aber als Herausforderung weiter aufzubauen sind. Hilfreich erscheinen hierbei die Installation von Eskalationsmodellen an den einzelnen Prozessschritten zur prompten, definierten Reaktion auf Problemsituationen, wobei die Prämisse gelten sollte: „Fehlervermeidung vor Fehlerkorrektur“.

Als tendenziell schwieriges Unterfangen zeigt sich die korrekte Zeitmessung der einzelnen Prozessschritte, da die bloße Anwesenheit einer Stoppuhr die Erinnerung an Akkordarbeit erwecken lässt und i.A. bei den Mitarbeitern wenig Zuspruch findet. Die Herausforderung bei dieser Thematik liegt in der Information über die Methode und der Notwendigkeit von realen Daten. Erst durch die Ermittlung der tatsächlichen, wertgenerierenden Arbeitszeiten lässt sich der Verschwendungsanteil berechnen und entsprechend reduzieren. Durch die Bildung einer Kennzahl aus dem Verhältnis von wertgenerierenden Tätigkeiten zu Verschwendung kann eine Verbesserung der Gesamtsituation relativ einfach gebildet werden. Diese Kennzahl kann bspw. auch als integraler Bestandteil für eine Teambewertung herangezogen werden.

Im betrachteten Fertigungswertstrom liegt enormes Potential und zugleich eine Herausforderung in der Verbesserung der Rüstsituation. Die Zuteilung der zu bearbeitenden Teile auf die Maschinensysteme ist hierbei unternehmensweit zu betrachten um die bestmögliche Zusammensetzung zu finden, nachfolgend sind die Rüstfolgen optimiert zu bestimmen.

Weitere Verbesserungen können i.d.R. durch optimierte Werkzeuge und Vorrichtungen erreicht und somit langfristig Einsparungen erzielt werden, wobei oftmals Anfangsinvestitionen dem gegenüberstehen. Wichtig ist auch die Erfassung von Ausschussdaten und Daten über die Verfügbarkeit der Anlagen. Zum einen sind Ausschüsse ein Zeichen instabiler Prozessen, welche umgehend stabilisiert werden müssen, zum anderen zeigen die Verfügbarkeiten von Maschinensystemen in wieweit diese verlässlich arbeiten. Diese Verfügbarkeiten sind insbesonde-

re bei Engpassmaschinen von übergeordneter Bedeutung, da ein Ausfall jener den gesamten Wertstrom innerhalb kürzester Zeit zum Erliegen bringen kann.

Wesentlich für die Wertstrommethode ist die einfache Steuerung des Produktionssystems, hierbei setzt die Methode i.A. auf die Einführung von Kanban-Lagern und der weitestgehend möglichen EDV-freien Produktionssteuerung. Im vorliegenden Fall werden stets die führenden Maschinensysteme vom ERP-System in einer rollierenden 20-Tagesplanung beplant, hierbei wird allg. der Entnahmebestand der letzten 20 Tage, korrigiert um den Prognosefaktor des Produktmanagements, als Produktionsauftrag für die Fertigungsteams ausgeschrieben.

Die Fertigungsprozessschritte zwischen der führenden Maschine und dem Liefern der Teile an den Montagebereich werden i.d.R. nicht geplant, diese sind dem Team überlassen, welches die nachfolgeschritte selbstständig ohne EDV Unterstützung plant und steuert. Wichtig ist i.d.R. nur die Einhaltung der Lieferzeit, Qualität und Menge. Das Handling von Kanban-Karten scheint, insbesondere durch die enorm hohe Anzahl an unterschiedlichen und zum Teil sehr kleinen Teilen, als generell schwierig und nicht sehr praktikabel.

Wichtig ist, dass die Wertstromausrichtung nicht als einmalige Verbesserung angesehen werden darf, diese gilt vielmehr als integraler Bestandteil der Unternehmensphilosophie, welcher es u.a. dem Unternehmen ermöglicht sich erfolgreicher am Markt zu behaupteten.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Vorteile, welche in der Anwendung der Wertstrommethode liegen. Gegenüber stehen die Herausforderungen, welche die Basis für die Einführung der Methode gelten.

Potentiale	Herausforderungen
Kundenorientierung	Entsprechende Unternehmensphilosophie
Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit	Notwendige Zeit für die Umsetzung
Verkürzung der Durchlaufzeiten	Unterstützung durch das Management (100%)
Steigerung der Produktivität	Information und Motivation der Mitarbeiter
Steigerung der Qualität	Bestimmen des Wertstrommanagers
Verringerung des Flächenbedarfs	Prozessorientiertes Denken
Senken der Gesamtkosten	Flache Hierarchien
Freisetzen von unnütz gebundenem Kapital	Notwendige Investitionen
Erhöhen des Kapitalumschlages	Produktionsnivellierung
Verringerung des Umlaufbestandes	Rüstzeitoptimierung
Verringerung der Lagerbestände	Datenerfassung (Zeitaufnahme, Ausschussquoten, Verfügbarkeiten...)
Transparenz des Materialflusses	Bildung von „lebenden“ Kennzahlen
Transparenz des Informationsflusse	Visualisierung von Prozessen und Kennzahlen
Transparenz des Geschäftsprozesses	Sofortige Fehlerbehebung (Eskalationsmodelle)
Flexibilität der Produktion	Führung vor Ort
Kennzahlen für Teambewertungen	
Beseitigung von nichtwerthaltigen Arbeitselementen (Verschwendung)	

Tabelle 9: Potentiale und Herausforderungen der Wertstrommethode

Zielkongruenz und Zielkonflikte

Im betrachteten Unternehmen zeigt sich die Firmenphilosophie weitgehend mit den philosophischen Anforderungen des LEAN-Managements und somit der Wertstrommethode deckungsgleich. Ebenso wie in der Wertstrommethode werden im Unternehmen die Orientierung am Kunden und die Prozessausrichtung gefordert.

Weitgehend deckungsgleich gestalten sich die Prämissen nach einem einfachen, über Regeln gesteuerten System und der Flussorientierung nach dem Pull-Prinzip mit der optimalen Zielvorstellung des „One-Piece-Flow“ Konzeptes.

In Konflikt steht die in der Wertstrommethode geforderte, eindeutige Trennung von wertschöpfenden und unterstützenden bzw. logistischen Tätigkeiten.

„Das Team“ als Leistungsträger ist in der allg. Zielsetzung des Unternehmens beschrieben. Die Verantwortungsbereiche dieser Leistungsträger sollen über möglichst weite Prozessstrecken gespannt werden, so obliegen auch die logistischen Belange der jeweiligen Prozesse dem jeweiligen Produktionsteam.

Die Autonomie der Teams ist integraler Bestandteil der Unternehmensideologie. Diese organisieren sich die tägliche Arbeit im Wesentlichen selbst. Das Team bestimmt wer, wann, was, wo etc. macht. Bspw. wird auch der Urlaub im Team abgestimmt, ohne der Notwendigkeit einer Freigaben durch eine Führungskraft. Wichtigste Rahmenbedingung hierbei ist, dass die geforderten Leistungen bzw. Stückzahlen (Produktionsaufträge) zeitgerecht erfüllt werden.

Die Wertstrommethode forderte eine am Kundentakt ausgerichtete bzw. genau getaktete Produktion mit im prinzipiell eindeutigen und eng definierten Vorgaben. Dies steht im Vergleich zum derzeit vorherrschenden System im Zielkonflikt.

Ein weiterer Zielkonflikt liegt in der Produktionsnivellierung. Generell fordert die Methode eine Nivellierung der Produktion.

Insbesondere im Montagebereich erscheint dies als ein Zielkonflikt mit der kundenbezogenen Tagesproduktion, da diese naturgemäß rel. starken Schwankungen unterliegt, bzw. der zulässige Schwankungskorridor mit $\pm 30\%$ definiert ist. Dieser Konflikt kann und wird über die Verschiebung von personellen Ressourcen, mit dem Instrument des Kapazitätsausgleichs, täglich weitgehend ausgeglichen. Erfahrungsgemäß gleichen sich die Schwankungen über das gesamte Unternehmen hinweg betrachtet weitgehend aus. Sollte dieser Ausgleich nicht ausreichen so bietet zudem das Arbeitszeitmodell die Möglichkeit der bedarfsgesteuerten Mehr- oder Minderarbeit in den Grenzen von ± 40 Stunden. Die Wertstrommethode im klassischen Sinn fordert eine Produktionsnivellierung über die Stückzahl, diese würde bspw. den Aufbau eines Pufferlagers erfordern und somit im Prinzip die Verschwendung mehren.

Eine Nivellierung der Fertigung im bestehenden System bereitet ebenfalls Schwierigkeiten, da nach dem Prinzip der konstanten Zeiten und nicht nach konstanten Bestandsgrößen bestellt bzw. gearbeitet wird.

Die nachfolgende Tabelle zeigt jene Merkmale, welche sich mit der Wertstrommethode konform gestalten und jene, welche einen Zielkonflikt zur Unternehmensphilosophie hervorrufen.

Kongruenz	Konflikte
Eingriffsfreies System	Produktionsnivellierung
Pull Prinzip (Produktion nur bei Kundenauftrag)	Trennung von wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Tätigkeiten Komplette
Flussorientierung	Teilautonomie der Teams
Prinzipielle Unternehmensphilosophie	
Kundenorientierung	
Kundenauftragsorientierte Produktion (TP)	
Prozessausrichtung	

Tabelle 10: Zielübereinstimmung und Zielkonflikte

4) Zusammenfassung

Die Wertstrommethode, als Teil des LEAN-Managements, ist in der Lage auf einfache Art und Weise den Fluss von Materialien und Informationen in einem Unternehmen abzubilden. Aus der Darstellung lassen sich Szenarien zur Verbesserung des Informations- und Materialflusses ableiten. Primäres Ziel der Methode ist die Vermeidung von nicht wertgenerierenden Tätigkeiten, respektive der Vermeidung von Verschwendung.

Eine isolierte Betrachtung der Methode bei fehlenden Voraussetzungen erscheint primär als Verschwendung von Ressourcen und führt die Methode selbst ad absurdum, da sich eine nachhaltige Erfolgswahrscheinlichkeit nur verschwindend gering darstellt.

Mit der exemplarischen Durchführung der Wertstrommethode konnte gezeigt werden, dass insbesondere im Montagebereich, durch die Vermeidung von Verschwendung, die Durchlaufzeit und Lagerbestände signifikant gesenkt werden können, bei gleichzeitigem Anstieg der Prozesstransparenz bzw. -qualität.

Als wesentliche Voraussetzung zur Einführung und erfolgreichen Installation der Methode zeigt sich, dass der LEAN-Gedanke in der Unternehmensphilosophie verankert und gelebt werden muss. Diese Bedingung erscheint im betrachteten Unternehmen weitestgehend gegeben. Aufbauend auf dieser Basis ist für die erfolgreiche Anwendung der Methode die absolute Unterstützung durch Management, und weiterführend durch sämtliche Führungskräfte, notwendig. Insgesamt stellt die Thematik der „Führung“ einen der zentralen Ansatzpunkte für nachhaltige Verbesserungen, wobei der LEAN-Gedanke hohe Anforderungen an das Führungsverhalten bzw. an die Qualität der Führung abverlangt. Die Führungskräfte stehen in der Pflicht mehr an Standardisierung und Transparenz von Arbeitsprozessen, Disziplin und Selbstdisziplin zu fordern und vor allem dies auch vorzuleben.¹⁰⁵

In den vergangen elf Jahren wurde im Unternehmen eine Menge an Ressourcen in die Teamorganisation und der Schaffung von Freiräumen investiert. Diese Ausrichtung erscheint durchaus wichtig und richtig, es wurde und wird versucht den Mitarbeitern das tägliche Arbeitsgeschehen eher selbst zu überlassen. Diese Handlungsspielräume bzw. die Teilautonomie der Teams birgt aber auch die Tendenz zur Anhäufung von Verschwendung in sich.

Das Streben nach exzellenten operativen Prozessen bei gleichzeitig steigender Komplexität von Prozessen und Produkten und dem steigenden Konkurrenzdruck durch Mitbewerber ändern jedoch die Rahmenbedingungen zusehends. Aus diesen Gründen erscheint die wesentliche Herausforderung der näheren Zukunft in der Beseitigung von Verschwendung und dem strukturellen Wandel hin zu einem schlanken, lernenden Unternehmen.

Um den Verschwendungsanteil effizient abbauen zu können ist es notwendig die übergeordnete Verantwortung einer Person respektive einem Team zu übergeben, welche sich für den Prozess verantwortlich zeigt. Diese Verantwortlichkeit wird in der Literatur dem „Wertstrommanager“ zugeschrieben. Dieser Wertstrommanager benötigt entsprechende Kompetenzen (Verfügungsbefugnisse eingeschlossen) und die ungeteilte Unterstützung des Managements.

Insbesondere in der Einführungsphase erscheint die Eintrittswahrscheinlichkeit von Konfliktsituationen als sehr hoch, da die Methode durch die geforderte Standardisierung und der Aggregation von Arbeitsprozessen zum Teil einen tiefen Einschnitt in die Autonomie des Produktionsteams mit sich bringt. Diese Forderungen stellen sich in teilweiser Hinsicht konträr zu

¹⁰⁵ In weitgehend übereinstimmender Meinung mit (Steiger, 2009).

den derzeitigen Bestrebungen die Teams als eine Art eigenständige „Unternehmen im Unternehmen“ zu betrachten.

Die Standardisierung als Ausgangspunkt für die kontinuierliche Verbesserung fordert die Aufgabe der operativen Improvisation, der Definition von klaren Strukturen und der sofortigen Reaktion auf Problemsituationen, wobei es gilt die Flexibilität und Kreativität weitgehend zu erhalten. Der Reaktion auf Problemstellen kommt besondere Brisanz zu, da die Methode eine weitgehende Minimierung der Lagerbestände fordert und somit kaum mehr Sicherheitsbestände vorhanden sind.

Prinzipiell hilfreich für eine etwaige Einführung der Methode zeigt sich der seit einigen Jahren etablierte Tagesportionsprozess und dessen Umfeld, welcher die tägliche kundenauftragsbezogene Produktion bzw. Montage regelt.

Als Einstieg in die Wertstrommethode bzw. in das LEAN-Management bietet sich die 5S Methode, welche ebenfalls dem TPM bzw. dem Kaizen-Gedanken entspringt, an. Die Arbeitsweisen der 5S (Säubern - Sortieren – Standardisieren – Selbstdisziplin – Systematisieren) fordert und fördert die Ordnung und Sauberkeit der Arbeitsplätze und deren Umfeld, diese Methode befindet sich derzeit im Unternehmen in der Umsetzungsphase und unterstützt somit die Einführung der Wertstrommethode. Mit der exemplarisch durchgeführten Wertstromaufnahme eines Winkelstücks und der nachfolgenden Potentialanalyse konnte festgestellt werden, dass die Methode eine Menge an Verbesserungspotentialen aufzeigt, aber auch Herausforderungen in sich birgt.

Der Fertigungswertstrom zeigt beispielsweise ein signifikantes Verbesserungspotential in der Rüstzeitoptimierung, hierzu erscheint es notwendig die Zuordnung der Bearbeitungsteile zu den führenden Maschinensystemen bzw. Teams detailliert zu prüfen. Zielführend erscheint es, die Teams mit möglichst artgleichen Teilen zu belegen, um zum einen standardisierte Prozessdurchläufe und, zum anderen möglichst kurze Rüstzeiten zu erhalten und Skaleneffekte zu nutzen. Zudem sollte die Situierung der Fertigungsteams abgestimmt sein, so dass bspw. Teile, welche eine Oberflächenveredelung erfahren, auch in räumlicher Nähe produziert werden um die Logistikkosten zu minimieren und den direkten Wertstrom zu verbessern.

Im Bereich der Montage zeigt die Wertstrommethode seine Stärke in der Darstellung der Teil-Montageprozesse und den Überblick über den gesamten Prozess. Unter der Anwendung der von Klaus Erlach vorgeschlagenen Gestaltungsrichtlinien für das Wertstromdesign konnte gezeigt werden, dass es möglich ist die Durchlaufzeiten der Komponenten von 26 Tagen (Kuppelungsrohr kpl.) auf 6,8 Stunden zu senken, bei gleichen Prozess-Bearbeitungszeiten. Diese Optimierung erfordert eine Aggregation der Arbeitsabläufe und eine Prozess- bzw. Teilprozess-taktung, welche am Kundentakt ausgerichtet ist. Die Methode fordert diese Verdichtung der Arbeitsabläufe und die maximale Reduktion der Verschwendungsanteile. Dies hat zur Folge, dass die Teams bzw. Mitarbeiter wesentlich strengere Vorgaben erhalten und sich lediglich den Kernaufgaben widmen sollten. Unterstützende und logistische Aktivitäten sollten nach Möglichkeit getrennt vom Produktionsprozess ausgeführt werden. Diese Forderung dient zur eindeutigen, transparenten Darstellung der wertgenerierenden Tätigkeiten und steht weitgehend in Konflikt zu den Leitsätzen der Verantwortlichkeit über gesamte Prozessstrecken und dem der Teamautonomie. Die Bewältigung dieser Konflikte bietet die Chance die Wertstrommethode als Werkzeug zu Vermeidung von Verschwendung im Unternehmen erfolgreich einzusetzen.

Die Wertstrommethode selbst zeigt sich als ein Tool aus dem Werkzeugkasten des Lean-Managements und baut auf den Gedanken der langfristigen und nachhaltigen „Verbesserung zum Besseren“ (Kaizen). Die Methode bietet eine Menge an Leistungsfähigkeit, der aber auch Herausforderungen gegenüberstehen, insbesondere in der Einführungsphase.

Resümierend zeigt sich die Methode als, im Prinzip unverzichtbarer, integraler Bestandteil eines „schlanken Unternehmens“.

Die Ziele und Planvorgaben einer Unternehmung unterliegen einer evolutionären Veränderung, wobei sich die Anforderungen, insbesondere in Krisenzeiten sich drastisch ändern können. Im Falle der Einführung der Wertstrommethode erscheint es günstig die wesentlichen Elemente und Merkmale gemeinsam mit den Führungskräften, Mitarbeitern und Betriebsräten zu erarbeiten und so dem Leitspruch des Geschäftsführers gerecht zu werden.

„Miteinander - am selben Strang in die (gleiche) richtige Richtung ziehen“

Das Aufgabengebiet des Wirtschaftsingenieurs wird in der bearbeiteten Thematik unterstrichen bzw. deutlich sichtbar, da es sich weitgehend um eine Symbiose von technischen- mit betriebswirtschaftlichen Aspekten handelt, welche als zentrale Herausforderung die Bildung einer verschwendungsfreien Produktion als ideelles Optimum darstellt.

Literaturverzeichnis

Monographien

- Brunner, F. J. (2008). *Japanische Erfolgskonzepte* (1. Ausg.). München: Hanser Verlag.
- Erlach, K. (2007). *Wertstromdesign* (1. Ausg.). Heidelberg: Springer Verlag.
- Frigo-Mosca, F. (1998). *Referenzmodelle für Supply Chain Management nach den Prinzipien der zwischenbetrieblichen Kooperation*. ETH Zürich, Betriebswirtschaftliches Institut. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- Klevers, T. (2007). *Wertstrom-mapping und Wertstrom-design*. München: mi-Fachverlag Redline GmbH, FinanzBuch Verlag GmbH.
- Lerchner, K., Egger, A., & Reinbert, S. (1999). *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre* (18. überarb. Ausg.). Wien: Linde Verlag.
- Linker, J. K., & Meier, D. P. (2009). *Der Toyota Weg* (3. Ausg.). (A. Braun, Übers.) München: FinanzBuch Verlag.
- Meister, U., & Meister, H. (2002). *Kundenzufriedenheit messen und managen*. (W. Pepels, Hrsg.) München Wien: Carl Hanser Verlag.
- Rother, M., & Shook, J. (2006). *Sehen lernen* (1.2 Ausg.). Aachen: Lean-Management Institut.
- Schulte, C. (2005). *LOGISTIK: Wege zur Optimierung der Supply Chain* (4., überarb. und erweiterte Ausg.). München: Franz Vahlen Verlag.

Sammelwerke

- Rothböck, M., & Weichselbaum, E. (2007). Das Konzept fixe Lieferzeiten. In P. Klaus, F. Staberhofer, & M. Rothböck (Hrsg.), *Steruering von Supply Chains*. Gabeler Verlag.
- Wildemann, H. (2005). Produktionsmanagement. In M. Bühler, P. Pyka, D. Vode, J. W. Haas, & G. Osthold (Hrsg.), *Die besten Management-Tools 1* (Bd. 8). Frankfurt/Main: Campus Verlag.

Zeitschriften

- Ebert, U. (2006). Erfolgreich neues Produktionssystem adaptieren. *MM-Maschinenmarkt* (06/2009).
- Fili, W. (2007). Der Wertschöpfung an den Kern gerückt. *Industrieanzeiger* (2007/18).
- Führer, J. (2007). Lean Management sorgt mit kontinuierlicher Verbesserung für Wettbewerbsvorsprung. *MM-Maschinenmarkt* (09/2007).
- Güney, D. (2006). Erfolgreicher Übergang zur Lernenden Organisation. *MM-Maschinenmarkt* (10/2006).
- Güney, D. (2006). Wertströme richtig steuern. *MM-Maschinenmarkt* (09/2006).
- Kippels, D. (2009). Schlanke Produktion stärkt die Fertigung in der Wirtschaftskrise. *VDI Nachrichten* (Nr. 28).
- Mayr, R. (2008). Schlanke Geschäftsprozesse zahlen sich auch für Mittelständler aus. *MM-Maschinenmarkt* (06/2008).
- Schuh, G. (2005). Schlank durch die Krise. *Industrieanzeiger* (50/2005).
- Steiger H. (2009). Führungskräfte müssen Disziplin vorleben. *VDI Nachrichten* (Nr.38)
- Unruh, V. (2008). Wettbewerbsfähigkeit durch schlanke Produktionsprinzipien. *MM-Maschinenmarkt* (10/2008).

Erklärung zur selbstständigen Anfertigung

Ich erkläre, dass ich die vorliegenden Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Ostermiething, 15.10. 2009

(Hans-Werner Fuchs)

Anhang

Inhalt

Auswertung der ABC-Analyse	VIII
Tabellen zur Berechnung und Auswertung des Kundentaktes	X
Tabellen zur Berechnung der Überlappung	XI
Fragebogen Versand	XII
Fragebögen Montage	XIII
Fragebögen Fertigung	XVIII
Gesamtwertstrom (Prinzip)	XXI
Ist-Montagewertstrom (Zusammenfassung)	XXII
Ist-Montagewertstrom (Detailliert)	XXIII
Soll-Montagewertstrom (DESIGN)	XXIV
Fertigungswertstrom (Halsstück)	XXV
Fertigungswertstrom (Zahnrad)	XXVI

Auswertung der ABC-Analyse

Benennung	Verbrauchs- faktorarten (kumuliert in %)	Verbrauchs- wert (kumuliert in %)	Zukauf- Eigenfertigung- Komponente	Gruppe
KUGELLAGER 4X7X2	2,1	14,83	Zukaufteil	A
STATOR KPL.	4,2	26,32	Komponente	A
KUGELLAGER 2,35X5,5X2	6,3	37,28	Zukaufteil	A
LED kpl.	8,3	45,99	Komponente	A
OBERTRIEB	10,4	53,85	Komponente	A
HALSSTÜCK	12,5	58,24	Eigenfertigungsteil	A
GRIFFHÜLSE	14,6	61,96	Eigenfertigungsteil	A
ZAHNRAD Z=26	16,7	65,54	Eigenfertigungsteil	A
KOPF 1:4,5	18,8	68,78	Eigenfertigungsteil	A
KUPPLUNGSRÖHR	20,8	70,67	Eigenfertigungsteil	B
LAGERHÜLSE	22,9	72,48	Eigenfertigungsteil	B
O-RING 10X0,6+0,08	25,0	74,23	Zukaufteil	B
KRONENRAD Z=16	27,1	75,97	Eigenfertigungsteil	B
KLAUENRAD	29,2	77,71	Eigenfertigungsteil	B
DRUCKKNOPF	31,3	79,42	Eigenfertigungsteil	B
LAGERHÜLSE	33,3	81,02	Eigenfertigungsteil	B
DÜSENPLATTE	35,4	82,60	Eigenfertigungsteil	B
ZAHNRAD	37,5	84,15	Eigenfertigungsteil	B
HÜLSE	39,6	85,53	Eigenfertigungsteil	B
KUGELLAGER 4x9x2,5	41,7	86,85	Zukaufteil	B
KONTAKTROHR	43,8	88,12	Eigenfertigungsteil	B
KUGELLAGER 3x6x2mm	45,8	89,39	Zukaufteil	B
SCHRAUBRING	47,9	90,55	Eigenfertigungsteil	B
GEWINDERING	50,0	91,52	Eigenfertigungsteil	B
SPRAYROHR WASSER 1.	52,1	92,28	Eigenfertigungsteil	C
SPRAYROHR WASSER 2.	54,2	93,05	Eigenfertigungsteil	C
DICHTSCHEIBE	56,3	93,74	Eigenfertigungsteil	C
KABEL	58,3	94,39	Eigenfertigungsteil	C
O-RING 7X05	60,4	94,99	Zukaufteil	C
MITNEHMER	62,5	95,57	Eigenfertigungsteil	C
HOHLSCHRAUBE	64,6	96,15	Eigenfertigungsteil	C
DICHTRING	66,7	96,61	Eigenfertigungsteil	C
ISOLIERSCHAUCH	68,8	97,04	Eigenfertigungsteil	C
DICHTRING D-PLATTE	70,8	97,44	Zukaufteil	C
O-RING 5,1X0,6	72,9	97,82	Zukaufteil	C
O-RING 1X0,6	75,0	98,17	Zukaufteil	C
LAMPENFASSUNG	77,1	98,47	Eigenfertigungsteil	C
STECKER	79,2	98,77	Zukaufteil	C
FEDERSCHEIBE 5x7x0,08	81,3	99,02	Zukaufteil	C
FARBRING ORANGE	83,3	99,26	Eigenfertigungsteil	C
SCHEIBE	85,4	99,47	Eigenfertigungsteil	C
ZYL.KERBSTIFT 1X5/	87,5	99,62	Zukaufteil	C
O-RING 13X0,7+/-0,04	89,6	99,77	Zukaufteil	C
FEDERRING	91,7	99,88	Zukaufteil	C
DRUCKFEDER	93,8	99,94	Zukaufteil	C
ZYL.KERBSTIFT 1X5/	95,8	99,98	Zukaufteil	C
DRUCKFEDER	97,9	99,99	Zukaufteil	C
DRUCKFEDER D-KNOPF	100,0	100,00	Zukaufteil	C

Tabelle A: Auswertung der ABC-Analyse

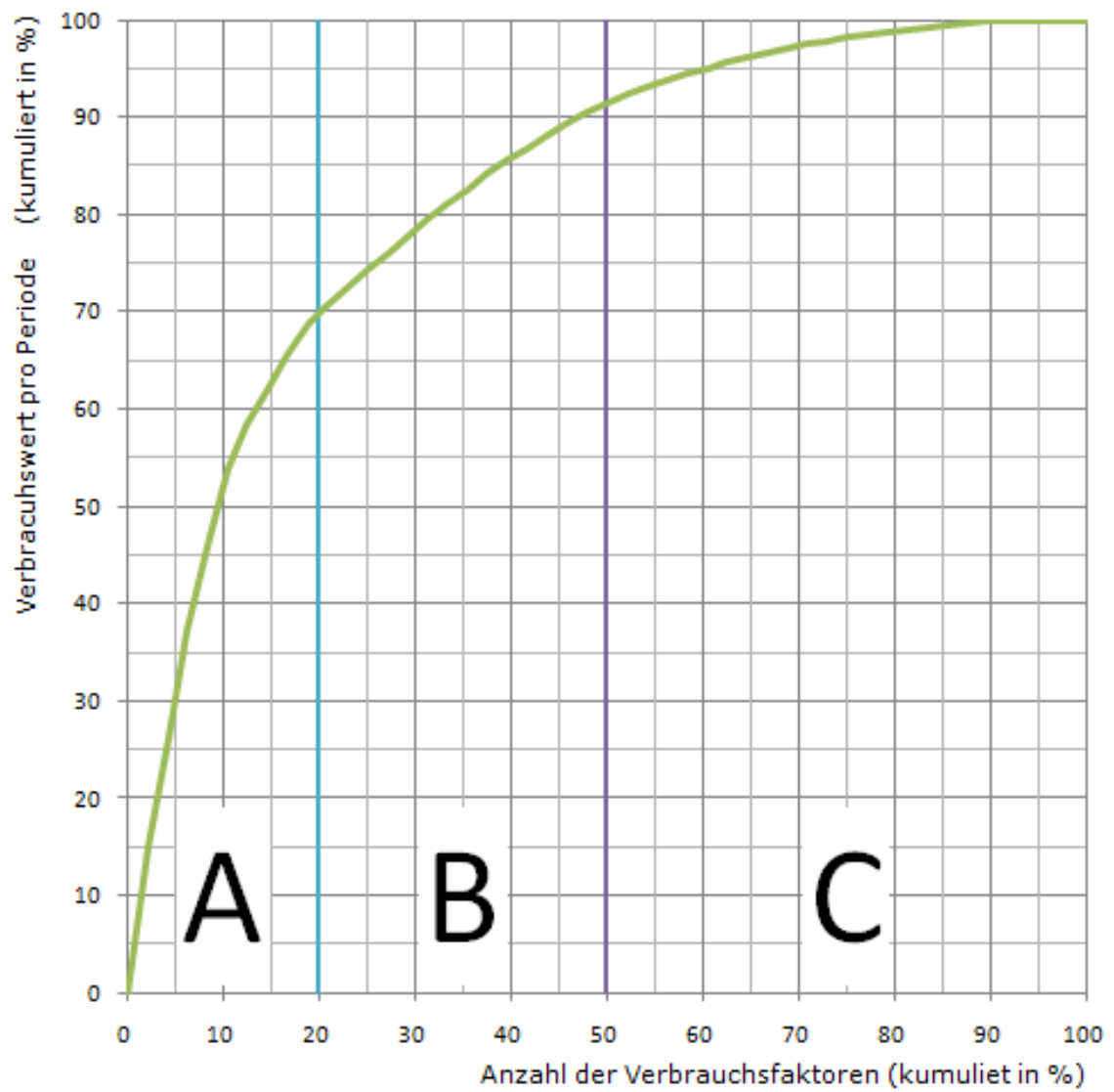


Diagramm A: Auswertung der ABC-Analyse

Tabellen zur Berechnung und Auswertung des Kundentaktes

Monat	Werktage	Feiertage	Betrbsferien	Arbeitstage	Std./Tag	Arbeitszeit Std./Mon.
Januar	20	2	1	17	7,40	126
Februar	20	0		20	7,40	148
März	22	0		22	7,40	163
April	20	1		19	7,40	141
Mai	19	2		17	6,95	118
Juni	20	2		18	6,95	125
Juli	23	0		23	6,95	160
August	21	0		21	6,95	146
September	22	0		22	6,95	153
Oktober	22	1		21	6,95	146
November	21	0		21	6,95	146
Dezember	22	4	3	15	6,95	104
Mittelwert	21	1	--	20	--	140
Summe	--	--	--	236	--	1675

Tabelle B: Darstellung der tatsächlich verfügbaren Arbeitszeit

Periode	Prognosebasierend			Verbrauchsbasierend		
	Bedarf KD=const.	Kundentakt Min. /Stk.	Arbeitszeit Std./Mon.	Bedarf Stk.	Kundentakt Min./Stk	Arbeitszeit Std./Mon.
2009/01	--	--	--	--	--	--
2009/02	493	18,00	148	446	19,91	134
2009/03	543	18,00	163	351	27,83	105
2009/04	469	18,00	141	563	14,98	169
2009/05	394	18,00	118	473	14,99	142
2009/06	417	18,00	125	548	13,70	164
2009/07	533	18,00	160	576	16,65	173
2009/08	487	18,00	146	500	17,51	150
2009/09						
2009/10						
2009/11						
2009/12						
Mittelwert	476	18,00	142,92	494	17,94	148,16
Summe		--	--	3457	--	--

Periode	Vergleich: Prognose- Verbrauch	
	Bedarfs-abweichung %	Kundentakt-abweichung %
2009/01	--	--
2009/02	-10%	11%
2009/03	-35%	55%
2009/04	20%	-17%
2009/05	20%	-17%
2009/06	31%	-24%
2009/07	8%	-7%
2009/08	3%	-3%
2009/09		
2009/10		
2009/11		
2009/12		
Mittelwert	5%	0%
Summe	--	--

Tabelle C/D: Berechnungsmodelle des Kundentaktes

Tabellen zur Berechnung der Überlappung

W1	[Stk.]	463	37	CNC- Bearbeitung	mit ÜBERLAPPUNG
s1	[Min./Stk.]	10,75			
P1	[Min.]	4976,9	398,1	31,85	
		n1	n2		
			n1	n2	
W2	[Stk.]		463	37	
S2	[Min./Stk.]	0,86			
P2	[Min.]	4976,9	398,1	31,9	
GesZeit [Min.]		4977	398,1	31,85	5406,85
GesZeit [Std.]		82,95	6,64	0,53	Summe 90,12

W1	[Stk.]	500		CNC- Bearbeitung	ohne ÜBERLAPPUNG
s1	[Min./Stk.]	10,75			
P1	[Min.]	5375		430	
		n1			
			n1		
W2	[Stk.]			500	
S2	[Min./Stk.]	0,86			
P2	[Min.]	5375		430	
GesZeit [Min.]		5375		430,00	5805,00
GesZeit [Std.]		89,58		7,17	Summe 96,75

Tabelle E: Tabellen zur Berechnung der Überlappung

Berechnung:		
n1+n2=n=	500	Stk.
n1=	463	Stk.
n2=	37	Stk.
Summe	500	Stk.

Verbesserung:	
Stunden:	6,63
%	6,85%

Fragebogen Versand

WERTSTROMAUFNAHME

TEAM:	Versand	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Versand	
Tätigkeit:	Versand allg.		

FRAGEN	
Was sind Ihre Tätigkeiten?	
1)	zusammenstellen der Kundenaufträge gemäß der Kundenauftragsliste (prüfen ob alles komplett ist), abpacken in entspr. Schachtel und mit den zugehörigen Papieren versandfertig machen --> die fertig verpackten Sendungen etikettieren und in den Abholbereich bringen
Woher wissen Sie was zu tun ist?	
2)	Routine, Kundenauftrag, Packliste
Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?	
3)	Tagesportion
Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?	
4)	Montage, Lager für Versandmaterialien (Keller)

Prozessdaten					
Rz [Sek.]	0	Bz [Sek.]	~ 450	DIz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	0	Rw [Tage]	0,0
↙ [%]		↓ [%]	0		

Fragebögen Montage

WERTSTROMAUFNAHME

TEAM:	MG2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Montage	
Tätigkeit:	End-Montage		

FRAGEN

Was sind Ihre Tätigkeiten?

- 1) Zusammenbauen der Komponenten zum gesamten Winkelstück und prüfen ob alles in Ordnung ist, wenn Zeit ist werden auch Komponenten vorgebaut

Woher wissen Sie was zu tun ist?

- 2) durch die täglich wiederkehren Arbeiten kennt man die Arbeitsschritte sehr genau, neue MIA können in den Montagebeschreibungen nachlesen wie's zu machen ist.

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

- 3) im Normalfall wird nur die Tagesportion montiert, bei Projekten oder in der Urlaubszeit kann's schon mal mehr sein.

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

- 4) normalerweise sind immer genug Teile vorhanden, wenn's eng werden sollte wird dem Führungsteam Bescheid gegeben.

Prozessdaten

Rz [Sek.]	0	Bz [Sek.]	90	DIz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	0	Rw [Tage]	0,0
↱ [%]	2 % (à 60")	↴ [%]	0		

TEAM:	MG2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz		Montage	
Tätigkeit:	End-Prüfung		

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)	Endprüfen der Winkelstücke nach Checkliste und Prüfanweisung. Laufruhe, Spraybild, Lichtstärke... und optisch auf Beschädigung; Fehler behebe ich meist selbst
-----------	--

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)	die Prüfmerkmale sind durch die Prüf-Checkliste vorgegeben, viele Merkmale sind subjektiv zu bestimmen, daher muss man schon eine gewisse Erfahrung haben. Wie zu Prüfen ist steht in der Prüfanweisung (D001149)
-----------	---

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)	üblicherweise wird die Tageportion produziert und geprüft.
-----------	--

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)	von der Endmontage
-----------	--------------------

Prozessdaten					
Rz [Sek.]	0	Bz [Sek.]	360	DIz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	367	Rw [Tage]	15,3
↱ [%]	5 % (à 80")	↴ [%]	0		

TEAM:	MG2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Montage	
Tätigkeit:	Beschriftung		

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)	Beschriften der Instrumente nach "Vorlage" Vorrichtung in der Maschine einsetzen, Produktionsauftrag einscannen, Teile einlegen -> Start drücken; nach der Beschriftung prüfen ob alles OK ist
-----------	---

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)	...wurde in die Handhabung der Maschine eingewiesen
-----------	---

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)	Tagesportion
-----------	--------------

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)	von der Endprüfung
-----------	--------------------

Prozessdaten					
Rz [Sek.]	60	Bz [Sek.]	35	DIz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	0	Rw [Tage]	0,0
↱ [%]	0	↴ [%]	0		

TEAM:	MG2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Montage	
Tätigkeit:	Verpackung		

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)	Verpacken der einzelnen Instrumente mit der richtigen Gebrauchsanweisung, wenn die gesamte Tagesportion fertig verpackt ist wird diese in den Versand gebracht und auf das jeweiligen Kundenlager gelegt (gemäß Kundenauftrag)
----	--

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)	Verpackungsbeschreibung (V00482)
----	----------------------------------

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)	Tagesportion
----	--------------

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)	die Instrumente von der Beschriftung und die GA von der Druckerei bzw. WAN, das Verpackungsmaterial vom Lager (nach Bedarf)
----	---

Prozessdaten					
Rz [Sek.]	0	Bz [Sek.]	45	Dlz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	0	Rw [Tage]	0,0
↙ [%]	0	↘ [%]	0		

TEAM:	MG2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Montage	
Tätigkeit:	Vormontage Kopf kpl.		

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)	Montage Kopf kpl. prüfen ob sich der Rotor leicht dreht, die Sprayplatte richtig sitzt, und das Spannsystem funktioniert
----	--

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)	Routine, Arbeitsbeschreibung Nr. 554170
----	---

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)	montiere nach Zeit und Bedarf, auch noch andere Komponenten...
----	--

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)	direkt: vom "Lager" Palette oder Schachtel vor Ort indirekt: von Lieferanten und der Fertigung
----	---

Prozessdaten					
Rz [Sek.]	0	Bz [Sek.]	120	Dlz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	63	Rw [Tage]	2,6
↙ [%]	2% (à 20")	↘ [%]	0		

TEAM:	MG2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Montage	
Tätigkeit:	Vormontage Halsstück kpl.		

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)	Dichtringe, Sprayrohre und die Komponenten Beleuchtung kpl. in das Halsstück einbauen, achten auf etwaige Beschädigungen
-----------	--

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)	Routine, Arbeitsbeschreibung
-----------	------------------------------

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)	montiere wie es sich ausgeht bzw. wenn was gebraucht wird, montiere auch noch andere Komponenten...
-----------	---

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)	direkt: vom "Lager" Palette oder Schachtel vor Ort; indirekt: von Lieferanten und der Fertigung, auch von der Komponentenmontage
-----------	---

Prozessdaten					
Rz [Sek.]	0	Bz [Sek.]	90	Dlz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	104	Rw [Tage]	4,3
↙ [%]	0	↓ [%]	0		

TEAM:	MG2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Montage	
Tätigkeit:	Vormontage Mitteltrieb kpl.		

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)	Mitteltrieb zusammenbauen bzw. zusammenpressen, das Axialspiel der Kugellager messen und den gesamten Mitteltrieb auf Drehbarkeit prüfen
-----------	--

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)	Routine, Arbeitsbeschreibung Nr. 584550
-----------	---

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)	montiere wie es sich ausgeht bzw. wenn was gebraucht wird, montiere auch noch andere Komponenten...
-----------	---

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)	direkt: vom "Lager" Palette oder Schachtel vor Ort; indirekt: von Lieferanten und der Fertigung
-----------	--

Prozessdaten					
Rz [Sek.]	0	Bz [Sek.]	45	Dlz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	53	Rw [Tage]	2,2
↙ [%]	0	↓ [%]	0		

TEAM:	MG2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Montage	
Tätigkeit:	Vormontage Mitnehmertrieb kpl.		

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)	Zusammenbau des Mitnehmertriebs, diverse Kleinteile Zusammenbauen bzw. verpressen
-----------	---

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)	Routine, steht alles in der Arbeitsbeschreibung Nr. 584560
-----------	--

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)	montiere wie es sich ausgeht bzw. wenn was gebraucht wird, montiere auch noch andere Komponenten... normalerweise die Tagesportion
-----------	--

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)	direkt: vom "Lager" Palette oder Schachtel vor Ort; indirekt: von Lieferanten und der Fertigung/Komponentenmontage
-----------	---

Prozessdaten					
Rz [Sek.]	0	Bz [Sek.]	80	DIz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	80	Rw [Tage]	3,3
↰ [%]	0	↱ [%]	0		

TEAM:	MG2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:	(Kap-Ausgleichspersonal)	Montage	
Tätigkeit:	Vormontage: Kupplungsrohr kpl.		

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)	O-Ringe auf das Kupplungsrohr aufziehen, ölen, kleine O-Ringe einlegen und über die Hülse aufschieben, dann die Baugruppe auf Dichtheit prüfen
-----------	--

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)	wurde kurz eingeschult, die Montageschritte sind in der Arbeitsanweisung 601480 niedergeschrieben, die Prüfschritte in der Prüfanweisung D001149 (ist alles vor Ort)
-----------	--

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)	bin als Kapazitätsausgleichspersonal heute hier, Stückzahl -?
-----------	---

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)	alles vor Ort
-----------	---------------

Prozessdaten					
Rz [Sek.]	60	Bz [Sek.]	75	DIz	
Az [Std.]	7	Best. [Stk.]	263	Rw [Tage]	11,0
↰ [%]	0	↱ [%]	40 % (à 90")		

Zusammenfassung der Fragebögen – Datenerfassung im Montagebereich

Fragebögen Fertigung

WERTSTROMAUFNAHME

TEAM:	TEAM A2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Fertigung	
Tätigkeit:	CNC-Bearbeitung (Halsstück)		

FRAGEN

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)

Vorarbeiten: Ausdrucken der Produktionsübersicht, Freigeben des Produktionsauftrags, Ausdrucken der Prüf-Checkliste und Zeichnung;
Rüsten: Material vom Lager holen, Werkzeuge einspannen und vermessen (sofern notwendig) Werkzeugdaten in die Maschine laden; Messwerkzeuge besorgen (sofern notwendig); Programm in die Maschine laden, erstes Teil produzieren, kontrollieren, Maße entsprechend einstellen, Maschinen abnehmen lassen, Produktionsstart.
Produzieren: Produktion der Teile gemäß Zeichnung, Kontrolle der Teile gemäß Prüf-Checkliste und der Werkzeuge (Standzeit, ev. nachschärfen), produzierte Teile auf Paletten aufstecken und bei Schichtende waschen. Wenn die Charge vollständig ist wird der Arbeitsgang im System "fertig" gemeldet und zur Strukturierung weitergereicht (wird manchmal auch selbst gemacht).

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)

Startbeginn und Liefertermin sind am Produktionsauftrag aufgedruckt, Einrichtblatt für die Werkzeuge

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)

Fertigungsrad

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)

Werkzeuge werden selbst bestellt, Material wird selbstständig nach Freigabe des Fertigungsauftrages vom Lager geholt

Prozessdaten

Rz [Min.]	600	Bz [Sek.]	570	Dlz	
Az [Std.]	10	Lg [Stk.]	480	Rw [Tage]	20,0
↱ [%]	0	↘ [%]	2		

TEAM:	TEAM A2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Fertigung	
Tätigkeit:	OBE-Strukturierung (Halsstück)		

FRAGEN	
Was sind Ihre Tätigkeiten?	
1)	<u>Rüsten:</u> Strahlgut tauschen und entsprechenden Strahldruck einstellen <u>Produzieren:</u> Strahlen der Teile gemäß "Strahlmuster", wenn der Arbeitsgang abgeschlossen ist wird dieser "fertig" gemeldet und mit samt dem Fertigungsauftrag an die OBE-Veredelung weitergereicht
Woher wissen Sie was zu tun ist?	
2)	
Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?	
3)	Fertigungsrad
Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?	
4)	die Teile kommen von der CNC-Maschine

Prozessdaten					
Rz [Min.]	15	Bz [Sek.]	50	Dlz	
Az [Std.]	10	Lg [Stk.]	480	Rw [Tage]	20,0
↙ [%]	0	↓ [%]	0		

WERTSTROMAUFNAHME

TEAM:	TEAM C2	Datum/Kzz:	04.08.2009/FHW
Kzz:		Fertigung	
Tätigkeit:	CNC-Bearbeitung (Zahnrad)		

FRAGEN

Was sind Ihre Tätigkeiten?

1)

Vorarbeiten: Ausdrucken der Produktionsübersicht, Freigeben des Produktionsauftrags, Ausdrucken der Prüf-Checkliste und Zeichnung;
Rüsten: Material vom Lager holen, Werkzeuge einspannen und vermessen (sofern notwendig), Werkzeugdaten in die Maschine laden; Messwerkzeuge besorgen (sofern notwendig); Programm in die Maschine laden, erstes Teil produzieren, kontrollieren, Maße entsprechend einstellen, Maschinen abnehmen lassen, Produktionsstart.
Produzieren: Produktion der Teile gemäß Zeichnung, Kontrolle der Teile gemäß Prüf-Checkliste und der Werkzeuge (Standzeit, ev. nachschärfen), produzierte Teile bei Schichtende waschen.
Teile zur WBH: wenn die Charge vollständig ist wird der Arbeitsgang im System "fertig" gemeldet und die Stückzahl eingetragen, nachfolgend wird der Lieferschein für die WBH ausgedruckt und die Teile in ein Paket gegeben und zum Abholplatz gelegt.
Teile von der WBH: die Teile kommen nach etwa einer Woche wieder zurück, die Stückzahl wird geprüft und ob die richtige Härte auf dem beiliegenden Prüfblatt ersichtlich ist, nachfolgend wird der Wareneingang gebucht und die Teile zum Schleifen (außerhalb des Teams) mit dem Produktionsauftrag weitergegeben.

Woher wissen Sie was zu tun ist?

2)

Startbeginn und Liefertermin sind am Produktionsauftrag aufgedruckt, Einrichtblatt für die Werkzeuge,

Wie groß ist Ihr Bestand bzw. Arbeitsvorrat?

3)

Fertigungsrad

Woher erhalten Sie das von Ihnen benötigte Material?

4)

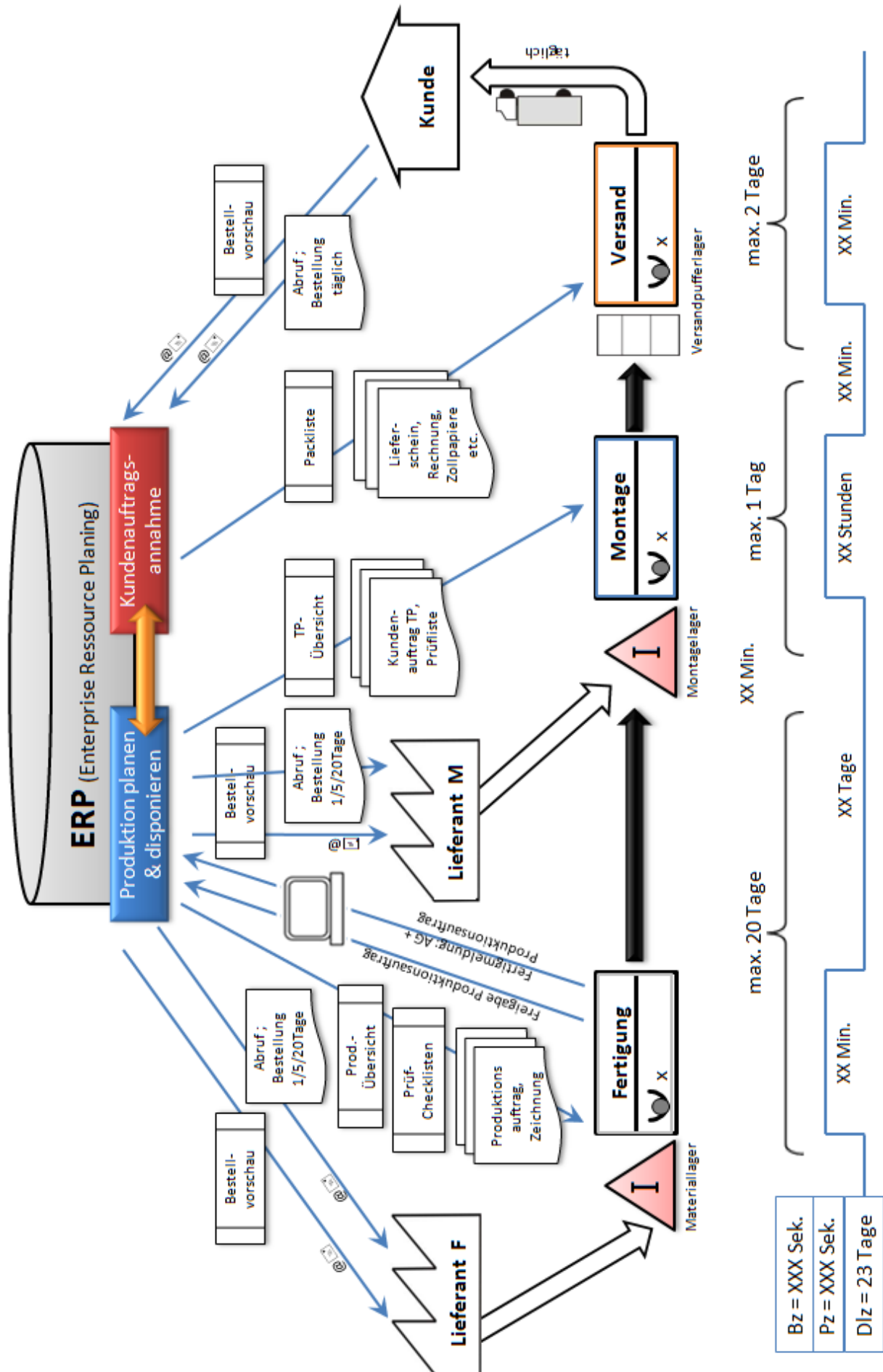
Werkzeuge werden selbst bestellt, Material wird selbstständig nach Freigabe des Fertigungsauftrages vom Lager geholt

Prozessdaten

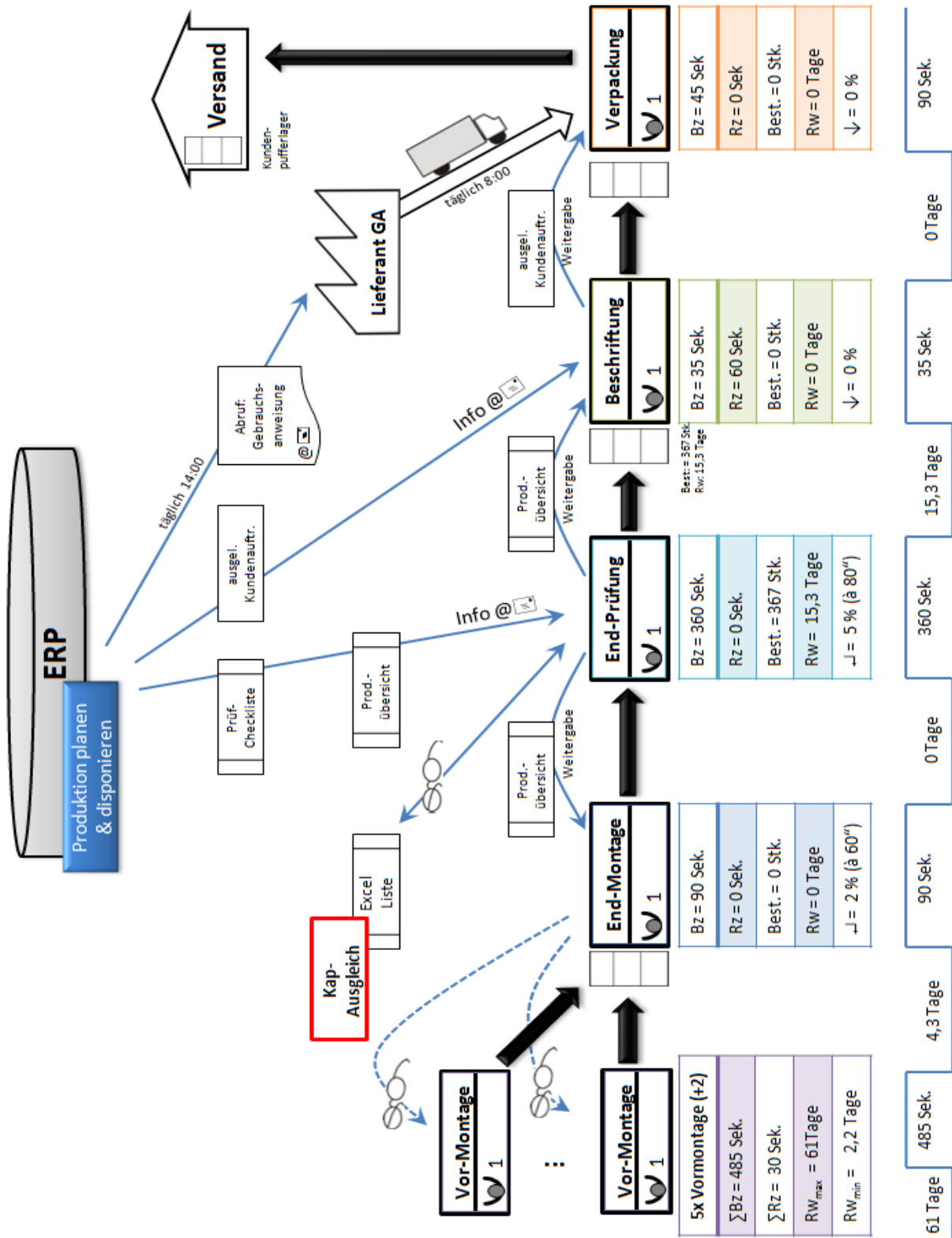
Rz [Min.]	350	Bz [Sek.]	228	Dlz	
Az [Std.]	8	Lg [Stk.]	528	Rw [Tage]	22,0
↱ [%]	0	↘ [%]	2		

Zusammenfassung der Fragebögen – Datenerfassung im Fertigungsbereich.

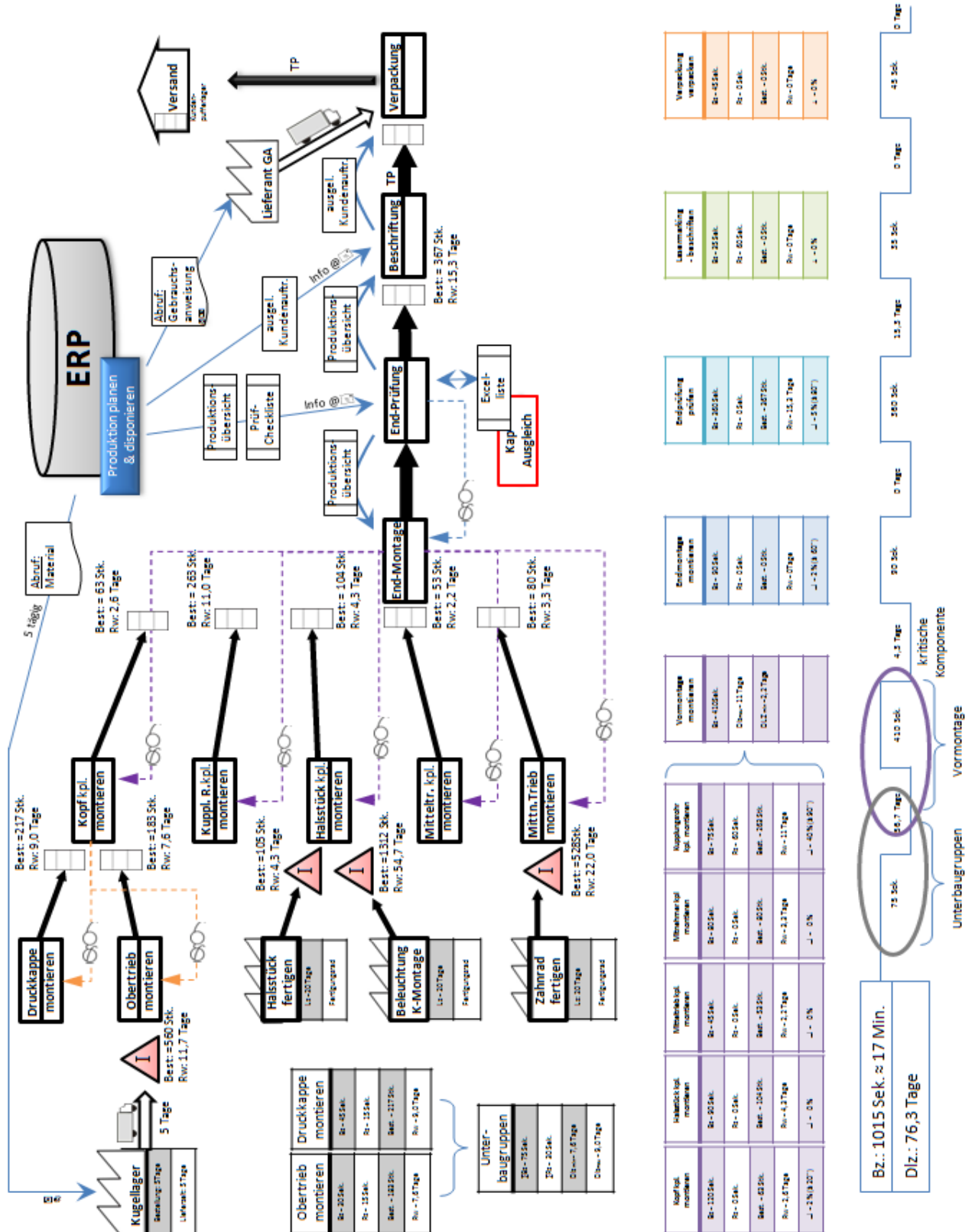
Gesamtwertstrom (Prinzip)



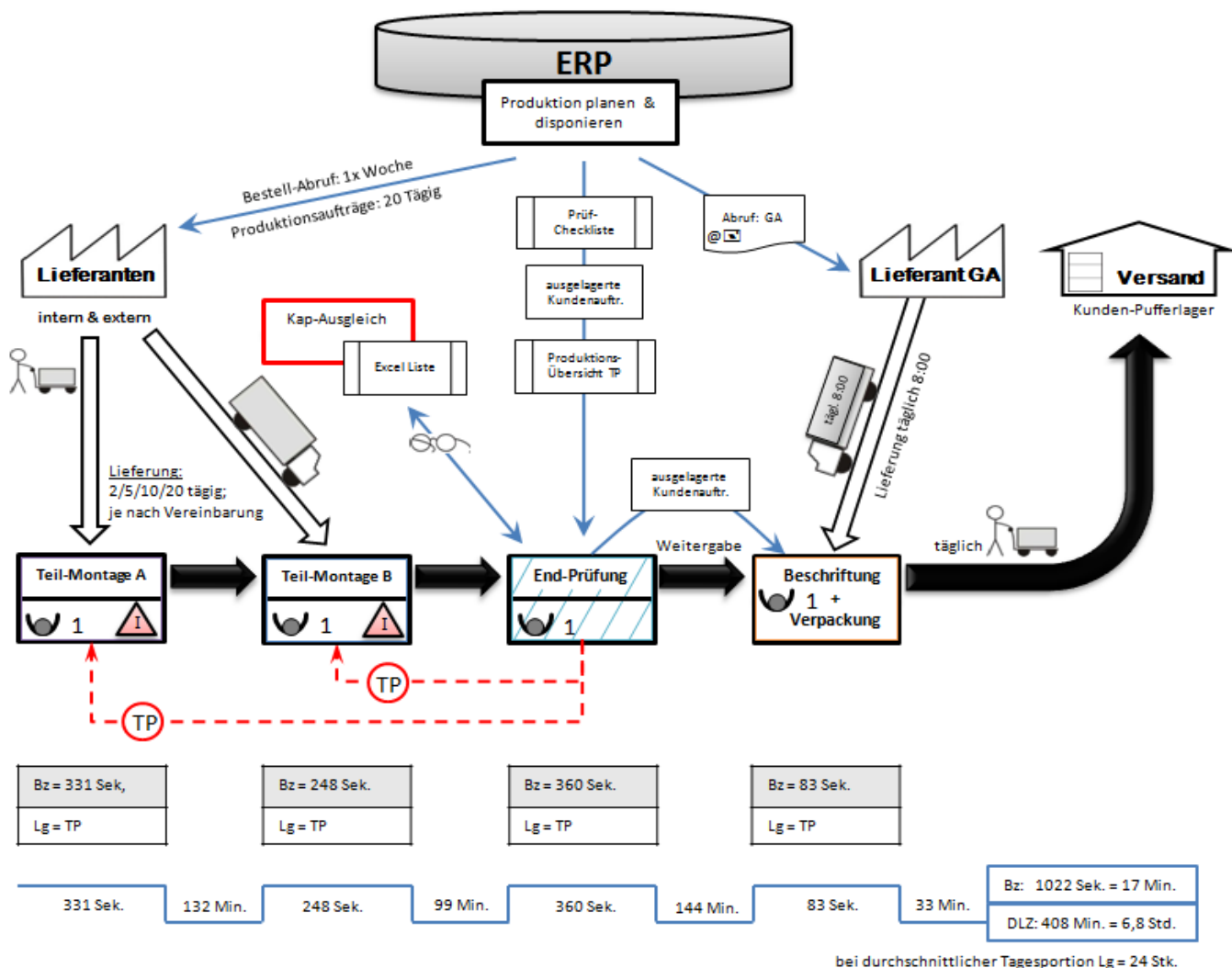
Ist-Montagewertstrom (Zusammenfassung)



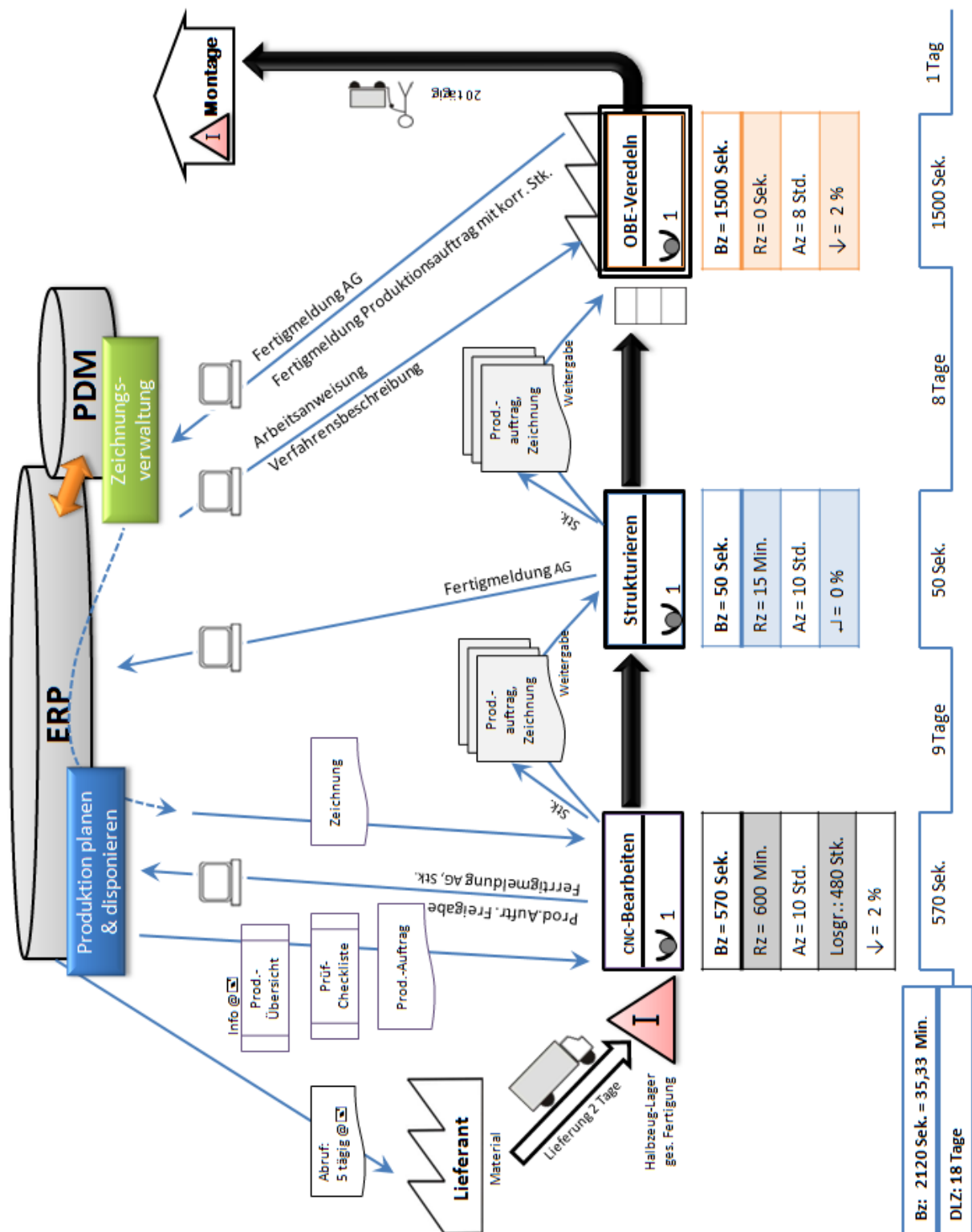
Ist-Montagewertstrom (Detailliert)



Soll-Montagewertstrom (DESIGN)



Fertigungswertstrom (Halsstück)



Fertigungswertstrom (Zahnrad)

